

Série A 783

N° D'ORDRE
(1570)

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Venceslas MOYCHO .

1^{re} THÈSE. — ACTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS SUR LES TISSUS D'ANIMAUX
SUPÉRIEURS.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le *23 Juin* devant la Commission
d'Examen

Président : M. DASTRE.

Examineurs { MM. HAUG.
MATRUCHOT.



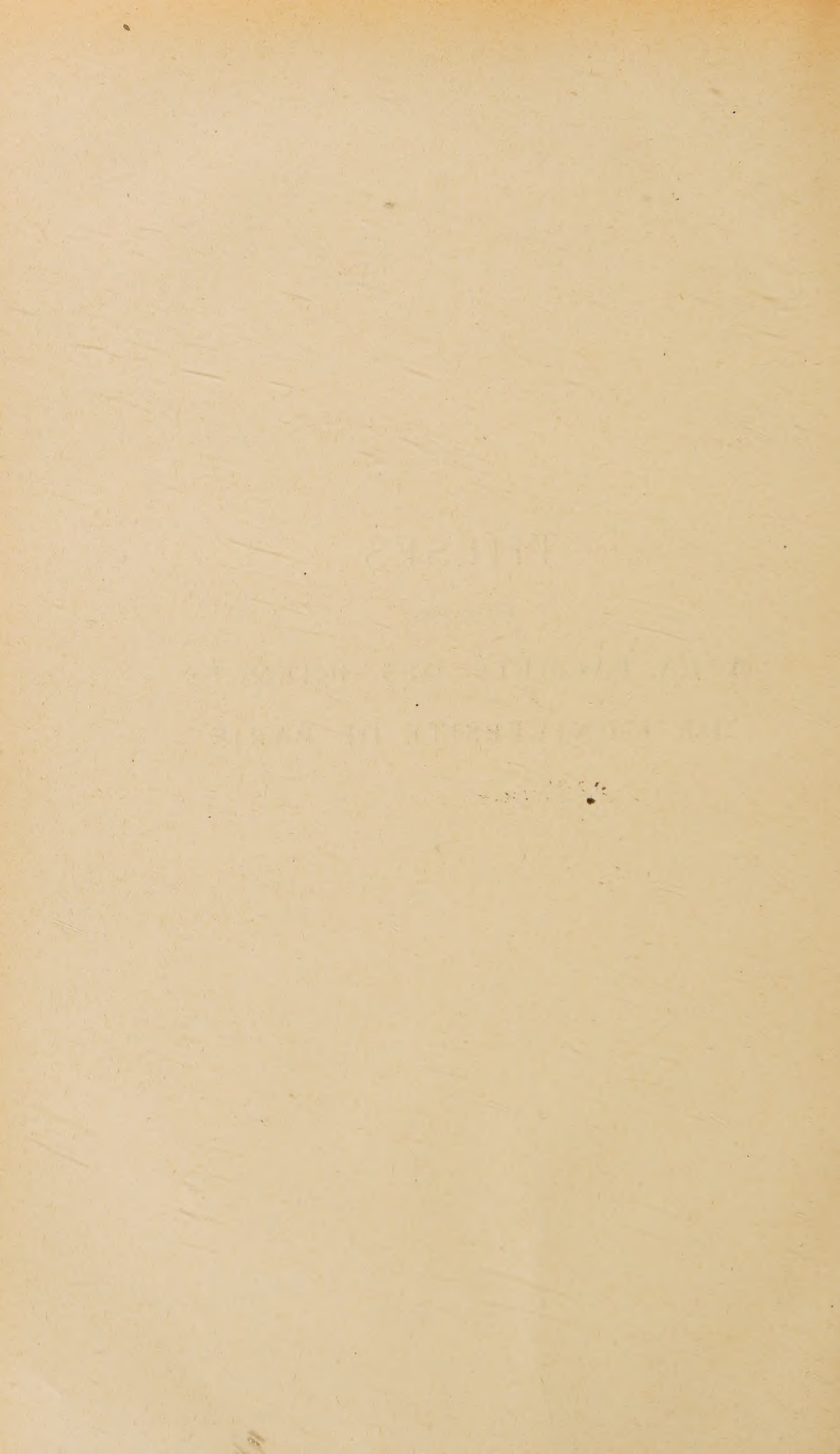
PARIS
IMPRIMERIE A. REIFF, HEYMANN
27, RUE SAINT-SULPICE, 27

—
1915

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS



Série A 783

N° D'ORDRE

1570

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

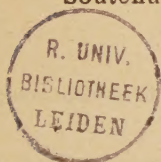
PAR

Venceslas MOYCHO

1^{re} THÈSE. — ACTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS SUR LES TISSUS D'ANIMAUX
SUPÉRIEURS.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 23 *juin* devant la Commission
d'Examen



Président : M. DASTRE.

Examineurs { MM. HAUG.
MATRUCHOT.



PARIS
IMPRIMERIE A. REIFF, HEYMANN
27, RUE SAINT-SULPICE, 27

1915

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

<i>Doyen</i>	P. APPELL, <i>Professeur</i> Mécanique analytique et Mécanique céleste
<i>Doyen honoraire.</i> . .	G. DARBOUX, — Géométrie supérieure.
<i>Professeurs honoraires</i>	Ch. WOLF. J. RIBAN.
	LIPPMANN Physique.
	BOUTY Physique.
	BOUSSINESQ Physiq., mathém. et calcul des probabilités.
	PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	Y. DELAGE Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	Gaston BONNIER Botanique.
	DASTRE Physiologie.
	KÖNIGS Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN Géographie physique.
	GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
	HALLER Chimie organique.
	JOANNIS Chimie (Enseignement P. C. N.)
	JANET Physique.
	WALLERANT Minéralogie.
	ANDoyer Astronomie.
	PAINLEVÉ Mécanique rationnelle.
	HAUG Géologie.
<i>Professeurs</i>	HOUSSAY Zoologie.
	H. LE CHATELIER Chimie.
	Gabriel BERTRAND Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE Physique générale.
	CAULLERY Zoologie (évolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ Chimie appliquée.
	G. URBAIN Chimie.
	Emile BOREL Théorie des fonctions.
	MARCHIS Aviation.
	Jean PERRIN Chimie physique.
	G. PRUVOT Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	MATRUCHOT Botanique.
	ABRAHAM Physique.
	CARTAN Calcul différentiel et calcul intégral.
	Cl. GUICHARD Mathématiques générales.
	MOLLIARD Physiologie végétale.
	N. Application de l'analyse à la géométrie.
	N. Histologie.
	PUISEUX Mécanique et astronomie.
	LEDUC Physique.
	MICHEL Minéralogie.
	HÉROUARD Zoologie.
<i>Professeurs adjoints</i>	Léon BERTRAND Géologie.
	Rémy PERRIER Zoologie (Enseignement P. C. N.)
	COTTON Physique.
	LESPIEAU Chimie.
	GENTIL Pétrographie.
	SAGNAC Physique (Enseignement P. C. N.)
	PÉREZ Zoologie (évolution des êtres organisés).
<i>Secrétaire.</i>	D. TOMBECK.

A MES PARENTS

A MES SŒURS

A MON FRÈRE

Témoignage d'affection et de reconnaissance



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INTRODUCTION

L'action de la lumière sur les tissus cutanés d'animaux supérieurs est connue depuis bien longtemps : le coup de soleil, le coup des glaciers, les accidents produits par les sources riches en rayons ultra-violetts sont autant d'exemples de l'action de la lumière sur la peau.

Mais ce sont surtout les recherches expérimentales de Widmark, de Finsen qui ont mis quelque clarté dans nos connaissances. Ces auteurs, dès le début, ont saisi les caractères essentiels de l'action cutanée de la lumière, d'autre part ils ont montré que ce sont les radiations ultra-violettes qui sont les plus actives dans la production du phénomène. Les travaux ultérieurs ont ajouté peu de chose et dès que l'on s'est aperçu des propriétés thérapeutiques de la lumière, le caractère des recherches s'est trouvé modifié. On s'est surtout préoccupé de rendre la lumière la plus active possible dans le traitement des maladies cutanées et d'examiner les altérations histologiques de la peau. L'étude du mécanisme de ces actions a été délaissée.

Les méthodes trop primitives du début, le caractère pratique des travaux postérieurs ont fait que l'étude de l'action de la lumière sur les tissus des organismes supérieurs est restée, jusqu'à présent, peu avancée.

Sur les conseils de M. Victor HENRI, j'ai entrepris, en m'aidant des connaissances actuellement acquises en photochimie, une étude plus approfondie de ces phénomènes.

J'ai montré dans cette étude que l'action de la lumière ultra-violette est tout à fait identique au coup de soleil, qu'elle est une action directe des rayons ultra-violetts sur les éléments vasculaires ; le système nerveux n'y intervient pas. En précisant cette

action au point de vue physico-chimique, il résulte de cette étude que la réaction se présente avec les caractères essentiels des réactions photo-chimiques : influence nulle ou très faible de la température, proportionnalité entre la quantité d'énergie active et la quantité d'énergie absorbée.

J'ai pu réaliser ces recherches grâce à la technique précise des mesures d'énergie de rayonnement et des déterminations quantitatives de l'absorption qu'a établie M. Victor HENRI, et grâce à l'installation puissante fournissant de la lumière monochromatique qui existe au laboratoire de Physiologie à la Sorbonne.

Qu'il me soit permis, à cette occasion, d'exprimer toute ma reconnaissance à mes maîtres, à M. le Professeur DASTRE, qui m'a accueilli dans son laboratoire et m'a si souvent témoigné sa bienveillance, et à M. Victor HENRI, dont les conseils éminents m'ont guidé maintes fois au cours de ces recherches.

Je remercie en même temps mon excellent camarade du laboratoire, René WURMSER, qui m'a manifesté à chaque occasion son aide précieux et désintéressé.

EXPOSÉ HISTORIQUE

Erythème solaire et erythème cutané déterminé par les sources riches en rayons ultra-violet

L'erythème solaire ou le coup de soleil consiste essentiellement dans un état inflammatoire de la région exposée à l'insolation. Il peut présenter des degrés très différents depuis une rubéfaction légère et passagère jusqu'à une rougeur très forte accompagnée de tuméfaction, phlycténisation, infiltration cellulaire, le tout accompagné d'une douleur assez vive, surtout au contact. Cet état est suivi généralement d'une desquamation qui dure quelques jours, ensuite d'une pigmentation brunâtre très prolongée de la région atteinte.

Cette réaction a été attribuée pendant longtemps à l'action de la chaleur, d'où la dénomination d'*eczéma solare caloricum*. Cependant elle présente certaines particularités qui la distinguent des brûlures :

1° L'apparition lente des premiers effets (au bout de quelques heures ou même le lendemain de l'insolation) ;

2° L'évolution très lente de la réaction ;

3° La desquamation et la pigmentation.

Si on considère, en outre, que des accidents de même nature se produisent dans les régions telles que les mers polaires et les montagnes glacières (1), régions où on souffre plus de froid que de chaleur, — on arrive à la conclusion que ces lésions ne peuvent pas être attribuées à la chaleur, mais bien à une action spécifique de la lumière.

(1) Voir la bibliographie dans Magnus Möller : *Dermatologie u. Syphilidologie* 1900, Abth. D II, Heft 8.

Des lésions cutanées tout à fait analogues au coup de soleil s'observent encore dans les accidents du travail avec les sources artificielles riches en rayons ultra-violet. Charcot (1) le premier, rapporte le cas relatif à deux chimistes qui, travaillant avec un arc voltaïque, présentèrent en peu de temps après un érythème solaire typique des parties du visage exposé à la lumière. Le quatrième jour apparut une desquamation. Etant donnée la distance à laquelle se tenaient les deux expérimentateurs, la chaleur ne pouvait pas en être la cause. Charcot émit pour la première fois l'opinion que ces lésions cutanées, de même que l'érythème solaire, ne sont pas dues à l'action de la chaleur, mais bien à l'action des rayons les plus réfrangibles du spectre. Depuis, on a décrit plusieurs cas analogues (particulièrement Defontaine (2), Terrier (3), Maklakoff (4). Mais ce sont les recherches expérimentales de Widmark (5) qui, en 1889, ont démontré que c'est la lumière et particulièrement les radiations ultra-violettes qui sont la cause de l'érythème. De nombreux auteurs ont repris ensuite la même question; ils ont vérifié et complété les résultats précédents.

Dans l'exposé historique des recherches expérimentales, nous indiquerons brièvement les travaux les plus importants.

(1) Charcot. C. R., Soc. de Biologie, 1858.

(2) Defontaine: rapporté par Terrier dans le Bull. de la Soc. des Chirurg. de Paris, Décembre 1887, p. 799.

(3) Terrier. Bull. de la Soc. des Chirurg. de Paris, Décembre, 1887, p. 799.

(4) Maklakoff. Arch. d'Ophthalmologie, 1889, t. IX.

(5) Widmark. Hygiea, 1889, t. III.

Étude expérimentale de l'action de la lumière ultra-violette sur la peau

Les recherches expérimentales ont consisté à examiner les effets macroscopiques de la lumière, à déterminer les radiations actives, et enfin à étudier microscopiquement les lésions produites par ces radiations.

Objets d'expérimentation

L'étude de l'action des rayons ultra-violets chez les organismes supérieurs portait surtout sur l'homme et sur le lapin ; dans l'étude microscopique on s'est adressé, en outre, à certaines membranes transparentes de grenouille, comme celles de la langue ou encore aux queues de têtards.

Parmi ces objets, la peau humaine se prête le moins bien à l'observation. On y constate les effets externes comme la rougeur, l'élévation de la température, la desquamation et la pigmentation ; mais l'observation directe des troubles vasculaires de tuméfaction est souvent très difficile, sinon impossible, par suite de l'épaisseur relativement grande de l'épiderme.

L'oreille de lapin est plus favorable à l'examen macroscopique, grâce à son épaisseur moindre, sa transparence relative, de même que la disposition superficielle des vaisseaux.

En dehors de ces deux objets d'expérimentation, on a très peu étudié l'action de la lumière sur d'autres tissus. Un seul travail se rapporte à l'étude de la langue de grenouille (Dreyer et Jansen) ; deux autres, très courts, sont relatifs à la queue de têtards (Finsen, Dreyer et Jansen). Et cependant ces tissus, et particulièrement ceux de la langue de grenouille, à cause de leur transparence, se prêtent très bien à l'étude microscopique de la marche de la réaction sur les tissus vivants.

Effets macroscopiques

L'étude macroscopique des effets de l'action de la lumière ultra-violette a été l'objet de nombreux travaux et particulièrement de Widmark (1), Hammer (2), Finsen (3), Möller (4), Dreyer et Jansen (5) et Jansen (6) seul. Tous les auteurs ont choisi comme source presque exclusivement l'arc au charbon.

Le premier qui a étudié l'action cutanée des rayons ultra-violets fut Widmark. Il a bien saisi les effets les plus caractéristiques de la réaction.

En résumé, la marche de la réaction se présente de la manière suivante :

La réaction n'est pas instantanée, mais le temps qu'elle met à se manifester est très variable, de 0 à 24 heures après l'irradiation.

Au début, on observe une vaso-dilatation et une rougeur limitée à l'endroit exposé; ces effets augmentent d'intensité pendant les heures suivantes. Sur la peau humaine on ressent en même temps une douleur et une sensation de cuisson qui augmentent au contact. Sur l'oreille de lapin on perçoit une tuméfaction croissante.

Ces phénomènes atteignent leur maximum le lendemain ou le surlendemain. La rougeur et la tuméfaction sont alors plus ou moins fortes suivant l'intensité de l'irradiation; elles peuvent dépasser les limites de la région irradiée. On constate une élévation de la température plus ou moins sensible. Dans les irradiations plus fortes, on peut observer sur la peau humaine la formation des bulles; sur l'oreille du lapin, si elles se forment, elles se rompent très facilement par suite de la mince épaisseur de l'épiderme.

Les jours suivants, les effets d'inflammation commencent à s'effacer. Ainsi, au bout de trois à six jours, suivant l'intensité

(1) Widmark. l. c.

(2) Hammer. Ueber die Einfluss des Lichtes auf die Haut., Stuttgart, 1891.

(3) Finsen. Mitteilungen aus Finsen's med. Lichtinstitut, 1900, Heft I, p. 8.

(4) Magnus Möller. Dermatologie u. Syphilidologie. 1900, Abth. D II, Heft 8.

(5) G. Dreyer u. H. Jansen. Mitteilungen aus Finsen's med. Lichtinstitut, 1905, Heft IX.

(6) H. Jansen. Beiträge z. path. Anatomie, 1907, t. XXXI, p. 277.

de l'irradiation, l'endroit ne présente plus qu'un aspect terne, rose-grisâtre. Cette coloration serait due, d'après Möller, à une cornification exagérée de l'épiderme. De plus, les vésicules en se rompant forment des croûtes plus ou moins épaisses à la surface de la peau.

Quatre à douze jours après l'irradiation, la desquamation commence. Suivant l'intensité de l'irradiation elle peut présenter des degrés très différents : depuis une exfoliation par lamelles très minces jusqu'aux croûtes assez épaisses. Ce phénomène dure pendant quatre à quinze jours.

Après le détachement des couches nécrosées, l'endroit irradié présente un aspect délicat, pigmenté. Tout autour, les poils sont longs, mais à l'endroit même les poils n'apparaissent pas (Jansen). Sur la peau humaine le pigment peut persister très longtemps : pendant plus d'un an (Finsen, Möller). Durant tout ce temps là la peau rougit à la suite du frottement. D'après Finsen, cela indiquerait une altération vasculaire très prolongée. La peau de l'oreille de lapin se rétablit plus vite : au bout de neuf semaines elle reprend l'aspect tout à fait normal (Jansen).

Erythème n'est pas dû à la chaleur, mais à la lumière

Nous avons vu précédemment que déjà l'observation des accidents de l'érythème, soit par certains caractères des lésions, soit par les conditions (régions froides), dans lesquelles des affections cutanées peuvent se produire — indiquerait une action particulière de la lumière.

Les recherches expérimentales ont confirmé ces résultats. C'est ainsi que Widmark constate dans certaines de ses expériences que l'érythème ne se produit pas à travers le verre, qui est, cependant, perméable à la chaleur; d'autre part, la réaction à travers le quartz n'est nullement modifiée, lorsqu'on interpose une couche d'eau qui absorbe les rayons infra-rouges. Ce n'est donc pas la chaleur qui détermine l'érythème.

Par des procédés analogues, d'autres auteurs (Finsen, Möller, etc.) sont arrivés aux mêmes conclusions. En outre, d'après l'étude comparative de Hammer, l'action de la chaleur et celle de la lumière présentent des caractères nettement distincts.

Ainsi, tandis que la brûlure calorifique se manifeste presque immédiatement, atteint très vite son maximum et disparaît en moins de 24 heures (si la brûlure est superficielle), — l'érythème dû à la lumière, au contraire, n'apparaît généralement que quelques heures après l'irradiation, évolue lentement pendant des jours entiers, détermine une desquamation qui est suivie ensuite d'une pigmentation très durable. Finsen retrouve les mêmes caractères distinctifs.

Activité des rayons ultra-violet

On s'est naturellement demandé quelles étaient, parmi les radiations lumineuses, les plus actives au point de vue de la réaction. Ce fut Widmark, en 1889, qui, le premier, démontra que les radiations actives étaient les plus réfrangibles et particulièrement les radiations ultra-violettes situées en dehors du domaine visible. Sa méthode est basée sur la différence de perméabilité du verre et du quartz aux rayons ultra-violet. Pratiquement il emploie un tube métallique, dont une extrémité est munie d'une lentille en quartz, l'autre, d'une plaque de verre percée dans son milieu par un trou et refermé à son tour par une plaque en quartz. Le tube est placé devant un arc électrique. Il trouve alors que l'érythème se produit au centre de la région exposée et non pas à la périphérie protégée par le verre. L'efficacité de l'irradiation à travers le quartz n'était pas modifiée si le tube métallique était rempli de l'eau. A travers une solution de sulfate de quinine, même avec la lumière très fortement concentrée, il n'arrive pas à obtenir un érythème. Widmark a conclu de ses expériences que ce ne sont ni les rayons infra-rouges, ni les rayons visibles qui déterminent l'érythème cutané mais bien les radiations plus réfrangibles, les rayons ultra-violet et, particulièrement, ceux qui ne traversent pas le verre.

Finsen, le créateur de la photothérapie moderne, a confirmé le rôle prédominant des rayons ultra-violet dans la production de l'érythème, mais, en outre, il a montré que d'autres radiations, moins réfrangibles, peuvent être également actives — quoique à un degré moindre — si la source de la lumière est assez intense. Les résultats concordent bien avec les expériences

de Bouchard (1), qui, déjà en 1862, à propos de ses recherches sur le pellagre, arrive à la conclusion que les diverses radiations colorées de la lumière solaire, obtenues par la décomposition dans un prisme et concentrées ensuite au moyen d'une lentille, produisent sur le bras l'érythème avec une intensité d'autant plus grande, que l'on se rapproche plus du violet.

Finsen opère de la manière suivante. La lumière solaire est concentrée au moyen d'un appareil formé d'un tube conique fermé d'un côté par une lentille en quartz (de 10 cm. d'épaisseur), de l'autre, par une plaque en quartz; l'intérieur du tube est rempli d'eau. L'irradiation de différentes régions de l'avant-bras se fait successivement à travers une plaque de quartz, de verres incolores et de verres colorés en bleu, vert, orange, rouge. La durée d'irradiation est de cinq minutes. La rougeur se manifeste quelques heures après aux trois endroits et dans l'ordre suivant : la plus forte — à travers le quartz; plus faible — à travers le verre incolore et, enfin, à peine visible à travers le verre bleu. Partout ailleurs, aucune réaction n'apparaît.

Plus récemment, Jansen a obtenu des résultats assez semblables.

Il résulte de tous ces travaux que si les rayons violets peuvent déjà déterminer la réaction, ce sont les radiations ultraviolettes et, particulièrement, les ultra-violettes extrêmes qui sont surtout actives.

Il faut remarquer cependant que les méthodes employées n'ont pas permis de déterminer la région la plus active du spectre ultra-violet.

Pénétrabilité des rayons ultra-violets

Cette question a été très étudiée. Etant donné le pouvoir bactéricide de la lumière et particulièrement de ses radiations ultraviolettes extrêmes les plus actives sous ce rapport — il était important, dans la photothérapie de certaines maladies cutanées de nature microbienne (par exemple *lupus vulgaris*), de savoir jusqu'à quelle profondeur l'influence stérilisante de la lumière peut s'exercer.

D'après ces recherches, exécutées, soit en déterminant le pou-

(1) Bouchard, Recherches nouvelles sur le pellagre, 1862, p. 109-116.

voir bactéricide des radiations ultra-violettes avant et après l'interposition d'un lambeau très mince de la peau (Klingmüller Halberstædter (1), Jansen (2), etc.), soit par la méthode spectrographique (Freund) (3), ou encore par d'autres procédés — il résulte nettement que les radiations ultra-violettes extrêmes sont extrêmement peu pénétrantes à travers les tissus vivants.

Cependant aucune mesure quantitative n'a été effectuée.

Influence du système nerveux dans la réaction cutanée

Dreyer et Jansen, de l'Institut de Finsen, ont essayé d'étudier l'influence du système nerveux sur la marche de la réaction. Sur un lapin dont un des deux nerfs sympathiques est sectionné au cou — on irradie de la même manière les deux oreilles. De la comparaison des effets des irradiations, il résulte que, du côté où le nerf a été coupé, la réaction est renforcée, son apparition et son évolution sont sensiblement accélérées. Les auteurs ont conclu de ces expériences que les phénomènes vasculaires déterminés par la lumière ultra-violette ne sont pas de nature réflexe, mais qu'ils doivent être attribués plutôt à l'action directe sur les parois vasculaires ou au plus à l'intermédiaire des ganglions qui s'y trouvent.

Étude microscopique

A côté de l'observation macroscopique de l'action de la lumière ultra-violette et de l'analyse de cette action — beaucoup d'auteurs ont cherché à préciser microscopiquement la nature et la marche de la réaction.

Cette étude a été faite sur les tissus vivants et sur les tissus fixés.

1) — EXAMEN MICROSCOPIQUE DE LA RÉACTION SUR LES TISSUS VIVANTS. — Pour suivre microscopiquement l'action de la lumière sur les vivants, Finsen (4), s'adresse aux tissus trans-

(1) Klingmüller u. Halberstædter. Deutsche med. Wochenschr., 1905, n° 14.

(2) H. Jansen. Mitteilungen aus Finsen's med. Lichtinstitut, 1903, Heft IV, p. 37.

(3) Freund. Arch. f. Dermat. u. Syphil., 1901, t. 58.

(4) Finsen. La Semaine Médicale, Juin 1894.

parents, comme les queues de têtards. En exposant cet objet à la lumière solaire très ardente, il trouve au bout de dix à quinze minutes un ralentissement de la circulation capillaire, puis la thrombose des vaisseaux. Peu de temps après, l'émigration des globules blancs et rouges. Dans quelques cas, il croit avoir observé la contraction des globules rouges.

La même étude a été reprise plus récemment par G. Dreyer et H. Jansen (1) dans un travail remarquable par la précision de l'observation et la préoccupation d'éliminer l'influence de la chaleur. — Comme objet d'expérimentation, ils se sont servis surtout de la langue de grenouille. Déjà au bout de trente secondes d'irradiation avec une lampe de Finsen de 30 ampères et 45 à 50 volts, la réaction se manifeste. Elle consiste dans une accélération de la circulation, l'hyperhémie et une légère vasodilatation. Ces effets augmentent ensuite assez fortement; mais au bout de quinze minutes environ, la circulation se ralentit et la thrombose commence à envahir les vaisseaux superficiels très dilatés. Si on cesse alors l'irradiation, la réaction ne s'arrête pas là. Peu de temps après, il se produit une infiltration séreuse; elle croît de plus en plus et atteint son maximum le lendemain. L'émigration leucocytaire est plus tardive.

Le lendemain, la réaction atteint son maximum. Le surlendemain, les processus de réparation sont bien manifestes. L'infiltration séreuse diminue fortement, l'infiltration leucocytaire, au contraire, est assez intense. Le contenu des vaisseaux thrombosés se désagrège, les globules rouges sont en grande partie résorbés, la circulation se rétablit. Quatre à six jours après l'irradiation, tout revient à l'état normal, sauf, parfois, une légère vasodilatation.

Les mêmes auteurs ont examiné aussi l'action de la lumière sur la queue des têtards. Les résultats obtenus ont été très analogues à ceux observés par Finsen.

La particularité de l'action des rayons ultra-violets sur les deux objets étudiés consiste, d'après Dreyer et Jansen, dans le caractère superficiel et l'évolution relativement bénigne de la réaction.

(1) l. c.

2). — ETUDE HISTOLOGIQUE. — Le nombre des recherches qui concernent l'étude histologique de l'action cutanée de la lumière est très grand. Cependant, par suite de préoccupations d'ordre exclusivement pratique, photothérapeutique, quelques questions, et des plus intéressantes au point de vue photobiologique, n'ont pas encore été éclaircies. C'est ainsi, par exemple, que nous ne savons pas jusqu'à présent sur quelle sorte de tissus porte d'abord l'action des irradiations plus faibles.

D'après les travaux de Möller (1), Leredde et Pautrier (2), Verres (3), Zieler (4), Meirowsky (5), Jansen (6), la marche de la réaction sur la peau normale se présente de la manière suivante :

Elle débiterait par une chromatolyse et vacuolisation des cellules épidermiques et des éléments épithéliaux vasculaires; les follicules et les glandes cutanées subiraient des altérations analogues qui aboutiraient bientôt à la dégénérescence de tous ces éléments. Mais à en juger par l'intensité et l'étendue des effets, il est difficile de considérer ces manifestations comme les premiers signes de la réaction. Il est presque certain que les auteurs, en pratiquant des irradiations très fortes et prolongées, n'ont pu saisir les tous premiers stades de la réaction.

Les altérations cellulaires décrites plus haut sont suivies bientôt de la dilatation des vaisseaux sanguins, de l'élargissement des espaces lymphatiques et d'hyperhémie. Quelques heures plus tard, on constate l'apparition de la thrombose des vaisseaux sanguins.

Le lendemain, la réaction présente des caractères très aigus; dans l'épiderme et particulièrement dans la couche de Malpighi, l'infiltration séreuse et la nécrose des éléments cellulaires deviennent extrêmement intenses; dans le derme on constate de plus la thrombose des vaisseaux et l'émigration leucocytaire très forte. Ces effets se maintiennent pendant quelques jours et même certains d'entre eux, comme la nécrose des éléments cel-

(1) I. c.

(2) Leredde et Pautrier. Photothérapie et Photobiologie, Paris, Naud, 1903, p. 89-100.

(3) Verres. Monatshefte f. prakt. Dermatologie, 1905, t. XI., p. 429.

(4) R. Zieler. Dermatol. Zeitsch., 1906, t. XIII, p. 1.

(5) Meirowsky. Monatshefte f. prakt. Dermatologie, 1906, t. XXXII, p. 391.

(6) Jansen. Beiträge z. pathol. Anatomie, 1907, t. XXXI, p. 277.

lulaires, augmentent sensiblement sous l'influence de troubles vasculaires et nutritifs très profonds.

Cependant quatre à sept jours après l'irradiation, des processus de réparation commencent à se manifester. On les reconnaît d'abord à la division karyokinetique très active dans les cellules endothéliales de certains vaisseaux plus profonds, de même qu'à la mobilité de certaines cellules conjonctives qui étaient jusqu'alors fixes. Ces cellules se transportent du pourtour vers le centre. Dans l'épiderme également il se forme tout autour de l'endroit irradié, une nappe de tissus épithélial qui, peu à peu, s'intercale au dessous de la croûte des éléments nécrosés et détermine la chute de cette dernière au bout de dix à douze jours après l'irradiation ; l'épiderme néo-formé apparaît ; il est généralement plus épais que dans les conditions normales. Cet épaissement est dû à la circulation et à la nutrition plus abondante des tissus ; en outre, on constate une coloration plus foncée (hyperpigmentation) des éléments épithéliaux régénérés.

Les organes cutanés accessoires comme les follicules pileux et les glandes se reconstituent aussi peu à peu.

Les processus de régénération se déroulent très lentement. Sur l'oreille de lapin, le rétablissement devient presque complet au bout de neuf semaines environ. Sur l'homme il manque d'observations aussi prolongées.

D'après cet exposé rapide, ce sont les effets de destruction qui prédominent dans les irradiations plus intenses. Mais il est à prévoir que les effets seraient plutôt stimulants s'il s'agissait d'irradiations plus faibles. Chez les organismes inférieurs, comme les amibes, de petits crustacés, vers, etc., les travaux de Dreyer (1) et de M. et Mme V. Henri (2) et d'autres, ont montré l'action excitatrice des rayons ultra-violets aux doses modérées. Il est probable que chez les organismes supérieurs il en est de même, au moins pour certains phénomènes cellulaires. On en connaît même quelques exemples ; ainsi, d'après les observations de Meirowsky, les irradiations faibles produisent aussitôt après la division karyokinetique assez intense, de même qu'une augmentation du pigment dans les cellules épidermiques de l'homme

(1) G. Dreyer. Mitteilungen aus Finsen's Lichtinst., 1904, vol. VII, p. 98., 1903, vol. IV, p. 81.

(2) M. et Mme V. Henri. C. R. Soc. de Biologie, 1912.

Mais ces effets, très intéressants au point de vue photobiologique, sont à peine envisagés.

Comparaison de l'action de la lampe arc avec l'action de la lampe au Hg

Le tableau de la réaction, comme nous l'avons décrit plus haut, se rapporte à la lumière ultra-violette obtenue avec un arc au charbon (type de lampe de Finsen et Reyn-Finsen surtout).

De l'étude comparative entre l'action de la lampe à arc et de la lampe au Hg en quartz, il résulte deux faits intéressants pour la photothérapie :

1° L'effet destructif déterminé avec une lampe au Hg en quartz (type Kromayer) est plus intense. Ainsi, d'après Jansen, l'irradiation d'une heure transforme toute la partie externe de l'oreille de lapin (l'épiderme, follicules pileux, vaisseaux, nerfs et même le tissu conjonctif) en une masse dégénérée. Même le tissu collagène semble être atteint de la nécrose. On n'observe jamais des lésions aussi profondes dans les irradiations de la même durée avec un arc au charbon.

2° Les processus de prolifération sont généralement moins actifs, au moins aux premiers stades de réaction.

Mécanisme de l'action des rayons ultra-violets

Nous avons vu précédemment que la réaction photochimique consiste essentiellement, au moins dans ses premiers stades, dans une inflammation typique. Mais quel est le mécanisme physiologique de cette action ? Quel est le phénomène primaire de cet ensemble d'effets ?

Hammer (1) suppose que certains éléments nerveux de la peau en rapport avec les cellules pigmentaires sont mis en mouvement par les rayons ultra-violets, ce qui mène secondairement à des états paralytiques, à l'hyperhémie, à l'inflammation et à la pigmentation.

(1) Hammer. l. c.

Finsen (1), au contraire, s'appuyant sur ses observations sur la queue de têtards, admet l'action directe de la lumière sur les vaisseaux, d'où proviendraient tous les phénomènes inflammatoires. La même opinion est partagée par ses deux collaborateurs, Dreyer et Jansen (2), qui se basent sur ce fait que la section du nerf sympathique innervant l'oreille externe du lapin ne supprime pas la réaction.

Si intéressants que soient ces faits d'observation, il manque jusqu'à présent des preuves expérimentales permettant de se faire une idée précise sur le mode d'action des rayons ultra-violets. C'est surtout l'étude histologique très minutieuse du début de la réaction qui pourrait donner des indications les plus sérieuses. Mais les auteurs, en employant des irradiations intenses et prolongées, sans parler des observations trop tardives, se sont placés dans des conditions tout à fait défavorables pour suivre le début de la réaction.

En effet, puisque la réaction cutanée n'est pas instantanée, les irradiations ultra-violettes intenses et prolongées pourront déterminer des altérations même avant la fin de l'expérience. L'étude histologique pratiquée immédiatement après l'irradiation montrera alors des effets beaucoup trop complexes.

Pour saisir les effets primaires de l'action des rayons ultra-violets, ce qui nous paraît très important pour l'explication du mécanisme, il faut : 1° que les irradiations soient relativement faibles ; 2° que l'observation histologique soit pratiquée immédiatement après l'irradiation et surtout aux tout premiers temps de la réaction.

(1) Semaine Méd., Juin 1894.

(2) G. Dreyer u. H. Jansen. Mitteil. aus Finsen's Lichtinst., 1905, H. IX, p. 80.

RECHERCHES PERSONNELLES

Objets des recherches

Nos recherches ont porté surtout sur deux objets d'expérimentation : la peau de l'oreille du lapin et la langue de la grenouille. D'autres objets étudiés : la peau humaine ou quelques tissus transparents servaient soit à contrôler l'action de la lumière, soit à examiner avec plus de détails quelques particularités de la réaction.

Dans le cas de l'oreille du lapin, l'étude et l'analyse étaient surtout de nature macroscopique ; dans le cas des membranes transparentes, elles étaient surtout de nature microscopique.

Nous divisons donc notre travail en deux parties :

PREMIÈRE PARTIE. — Etude de l'action des radiations ultra-violettes sur l'oreille du lapin ;

DEUXIÈME PARTIE. — Etude de l'action des radiations ultra-violettes sur la langue de la grenouille.

PREMIÈRE PARTIE

Action de la lumière sur la peau de l'oreille de lapin

Technique générale

Le dispositif que nous avons employé au cours de cette étude est le suivant :

Comme source des rayons ultra-violets nous nous sommes servi soit d'une lampe à mercure en quartz du type Heraeus, montée sur un courant de 110 volts et brûlant au régime de 70 à 75 volts et 3,2 ampères, soit d'une étincelle puissante jaillissant entre des électrodes métalliques et que nous décrirons ultérieurement.

La lampe est enfermée dans une boîte en carton noir, percée du côté où l'animal est exposé d'une fenêtre de même longueur que la lampe. Devant cette fenêtre est placée une cuve en quartz, remplie d'eau distillée (1 centimètre d'épaisseur) et renouvelée au fur et à mesure de son évaporation.

Les lapins sur lesquels ont porté nos expériences sont presque toujours des albinos. L'animal est immobilisé sur une planche ; son oreille est soigneusement épilée aux ciseaux, nettoyée au savon et placée entre deux lames de quartz légèrement serrées.

Une région plus ou moins grande de la surface externe de l'oreille est exposée à 10 centimètres de distance du milieu du tube en quartz et normalement à la direction des radiations. Le reste de l'oreille est recouvert par le carton noir.

La température ambiante variait entre 13 et 19 degrés.

Effets macroscopiques

Certains caractères de la réaction varient avec la durée d'irradiation. Dans cet exposé, nous envisagerons trois sortes d'irradiations : des irradiations courtes, de une à trois minutes ; des irradiations plus prolongées, de cinq à quinze minutes ; enfin, des irradiations très longues, durant plus d'une heure. Pour éviter les répétitions, nous allons exposer d'abord en détail les caractères et la marche de la réaction d'une irradiation de cinq à quinze minutes ; nous décrirons ensuite plus brièvement les effets des irradiations plus ou moins prolongées, en indiquant surtout les caractères distinctifs de ces réactions.

Ajoutons enfin que pour faciliter l'observation des effets de l'irradiation, nous exposons pour cette étude des surfaces assez grandes de l'oreille : de une à deux centimètres de hauteur et de deux à trois centimètres de largeur.

IRRADIATION DE 5 A 10 MINUTES.

L'irradiation n'est suivie d'aucun effet macroscopique immédiat. C'est un des caractères particuliers de l'action de la lumière ultra-violette sur la peau. Dans les conditions d'expérimentation la réaction n'apparaît qu'au bout de trois à cinq heures ; elle consiste en une vaso-dilatation, strictement limitée à la région irradiée ; des vaisseaux à peine visibles au début deviennent plus apparents, les vaisseaux plus gros sont légèrement élargis.

L'hyperhémie s'accroît ensuite. Trois ou quatre heures plus tard la vaso-dilatation devient très intense (fig. n° I). Bientôt après, les contours des vaisseaux très dilatés deviennent légèrement flous ; la région prend une coloration rose, puis rougeâtre qui, cependant disparaît généralement à la pression ; au toucher on perçoit, en même temps, une élévation de la température et une tuméfaction des tissus assez sensible. A ces effets, dont l'ensemble constitue d'ailleurs tous les caractères d'une brûlure ordinaire, on devrait ajouter encore la sensation de picotement et de cuisson qu'on perçoit très nettement sur la peau humaine. Par transparence l'endroit irradié se présente plus foncé et opaque, probablement à cause d'un œdème. Tous ces effets augmentent ensuite rapidement en intensité et en étendue ; la réaction, bien localisée

jusqu'alors, dépasse de plus en plus les limites de la région exposée.

Mais c'est au bout de vingt-quatre heures que la réaction atteint son maximum (fig. n° II). La rougeur est devenue très intense, un peu plus foncée que la veille; la tuméfaction est extrêmement prononcée — l'épaisseur de l'oreille peut dépasser deux ou trois fois son épaisseur normale; au toucher on a l'impression de quelque chose de très mou; l'élévation de la température est très sensible. Ces effets s'étendent nettement au-delà de l'endroit irradié; l'oreille entière peut parfois être atteinte quoique à un degré moindre. A côté de la tuméfaction et de la rougeur; le phénomène le plus saillant à cette époque, c'est l'effacement presque complet des vaisseaux; c'est à peine si on observe quelques vagues traînées de couleur plus foncée, légèrement bleu-violacé, qui indiquent les trajets des gros vaisseaux. A la pression, la rougeur ne disparaît pas; cela nous indique la thrombose plus étendue des vaisseaux sanguins que presque tous les expérimentateurs (Möller, Jansen, Zieler, etc.) constatent à l'étude histologique — et que nous verrons nous-même sur la langue de grenouille.

Cet état de la réaction se maintient pendant quelques heures. Mais déjà le surlendemain l'amélioration devient manifeste. La réaction se localise de nouveau dans les limites de l'endroit exposé. Les effets inflammatoires décroissent; les vaisseaux réapparaissent vaguement; la rougeur devient beaucoup moins intense et plus foncée; cependant, aux endroits correspondant aux follicules pileux la coloration se maintient plus intense (ecchymoses?). En même temps que l'inflammation s'efface, de nombreuses taches apparaissent — elles correspondent à des hémorragies plus ou moins étendues; d'autre part, on constate que l'épiderme se soulève à certains endroits en formant des sortes de vésicules. A la pression, l'épiderme se crevasse, un liquide clair-jaune apparaît à la surface. Les débris de l'épiderme se dessèchent bientôt et déterminent une rugosité de la surface.

Après cette évolution, relativement rapide, la réaction regresse plus lentement, pendant les jours suivants. Néanmoins l'amélioration s'accroît: les effets inflammatoires décroissent toujours; les hémorragies diminuent peu à peu d'étendue; la rougeur s'efface.

Au bout de huit à douze jours le rétablissement est très manifeste (fig. n° III). La rougeur a complètement disparu ; la région irradiée ne se distingue que par un aspect plus foncé, légèrement brunâtre ; une transparence moindre et un épaissement encore sensible ; les hémorragies et les plaies sont également visibles, mais beaucoup moins étendus. Cependant un phénomène nouveau apparaît généralement à ce moment : c'est la desquamation de la peau. L'aspect plus foncé de la région irradiée après la disparition des effets inflammatoires est attribué généralement à la formation du pigment. En effet, la production du pigment sous l'influence de la lumière ultra-violette dans le cas de la peau de l'homme et de celle du lapin non albinos est incontestable, comme cela résulte des travaux de Möller, Zieler, et, surtout, de Meirowsky. Mais un autre facteur peut s'ajouter encore, c'est l'épaississement des tissus cutanés, consécutif à l'irradiation, (Leredde et Pautrier, Möller, Zieler, Jansen, etc.). Dans le cas des albinos c'est ce dernier facteur qui doit même intervenir seul, à notre avis, car à l'examen histologique sur les lapins blancs, Möller, Jansen ne retrouvent aucune trace du pigment à la suite de l'irradiation ; ce fait concorde d'ailleurs bien avec l'incapacité des albinos à former un pigment quelconque dans les conditions normales. Au contraire, sur les lapins très foncés — presque noirs — l'apparition du pigment est très manifeste. Même à la suite des irradiations très faibles — si faibles que la réaction inflammatoire est à peine visible — la tache (trois ou cinq jours après l'irradiation) devient tellement intense et persistante qu'on est forcé de l'attribuer à la production du pigment.

Le foncissement et la desquamation sont les effets les plus persistants de la réaction ; pourtant, au bout de trois à quatre semaines, l'endroit irradié reprend généralement son aspect tout à fait normal.

Mais la réaction ne finit pas là. L'observation plus prolongée nous révèle un caractère nouveau, qui n'a pas encore été signalé par les auteurs : l'action de la lumière ultra-violette sur le système pileux. Déjà au bout de quatre à six semaines nous constatons que les poils à l'endroit irradié repoussent plus activement que tout autour. Cet effet devient dans la suite plus manifeste encore. Ainsi au bout de deux mois environ, tandis qu'à l'endroit irradié les poils peuvent atteindre et même dépasser deux milli-

mètres de longueur, tout autour on n'observe aucun allongement sensible. Nous voyons ainsi que la lumière ultra-violette stimule la croissance du système pileux. Cet effet s'observe très nettement pour les irradiations de durées de cinq à trente minutes. Il faut remarquer, cependant, que les poils ne paraissent pas plus touffus, leur nombre n'augmente pas et même, dans les irradiations beaucoup plus fortes (au-dessus de 30 minutes), il diminue sensiblement.

Si les expérimentateurs qui ont étudié l'action de la lumière ultra-violette sur la peau n'ont pas observé cet effet très manifeste pourtant — comme cela est bien visible sur la photographie (fig. IV) — cela tient probablement soit à des observations insuffisamment prolongées, soit à des irradiations trop intenses.

Ce n'est pas d'ailleurs le seul exemple de l'action stimulante de la lumière. Ainsi, sur les glandes cutanées, Zieler observe une hyperactivité très nette après les irradiations. De même la production du pigment à la suite des irradiations ultra-violettes est considérée depuis longtemps comme caractéristique de l'action de la lumière ultra-violette sur la peau. L'étude histologique a constaté en effet, son apparition, et c'est surtout Meirowsky qui en a examiné le mécanisme. Nous-même, nous avons signalé plus haut la production très abondante du pigment sur les lapins très foncés. Citons, enfin, les phénomènes bien connus que les cheveux et les ongles repoussent plus activement en été qu'en hiver, fait que Finsen attribue aussi à l'action de la lumière. Cet ensemble des faits nous montre ainsi que la lumière ultra-violette, à côté de son action destructive que nous verrons particulièrement bien sur la langue de grenouille, présente aussi, au moins chez les animaux supérieurs, un pouvoir stimulant, productif de l'activité cellulaire.

IRRADIATIONS COURTES DE 1 A 3 MINUTES.

Ces irradiations sont encore efficaces, mais la réaction est plus bénigne.

Comme dans le cas précédent, elle débute par une vaso-dilatation qui se transforme ensuite en une inflammation typique. Mais l'apparition du début de la réaction est plus tardive ; elle a lieu au bout de cinq à huit heures. En outre, l'intensité de tous les effets est nettement moins forte que dans le cas des irradiations prolongées, décrites plus haut.

Après avoir atteint le lendemain le maximum de l'intensité, les effets inflammatoires commencent bientôt (environ trente-six heures) à s'atténuer. A aucun moment on n'observe la formation de plaies ou d'hémorragies (sauf parfois au voisinage immédiat du gros vaisseau médian). Quatre ou six jours plus tard l'endroit irradié ne présente qu'un aspect un peu plus foncé ; une légère desquamation se manifeste bientôt au bout de deux à quatre jours. Dix à quinze jours après l'irradiation, l'aspect est redevenu presque normal.

La stimulation du système pileux ne s'observe presque jamais. L'action de la lumière ne paraît pas être suffisante.

Si l'irradiation est plus courte encore, au-dessous de trente secondes, aucun caractère macroscopique visible n'apparaît pas extérieurement.

IRRADIATIONS TRÈS PROLONGÉES, AU-DESSUS D'UNE HEURE.

La réaction présente ici des caractères très aigus. La vasodilatation apparaît déjà au bout de une à trois heures. Elle augmente très vite. Quelques heures plus tard, la réaction prend l'aspect d'une inflammation. La rougeur ne disparaît pas à la pression.

Le lendemain, l'oreille entière est atteinte d'une inflammation très forte : la tuméfaction présente un tel degré que l'animal n'arrive plus à redresser l'oreille ; l'épaisseur est trois à quatre fois plus grande qu'à l'état normal. La couleur présente une nuance bleu-violacé qui s'accentue ensuite. Deux jours plus tard, la réaction commence à décroître. Presque en même temps apparaissent de nombreuses hémorragies, des vésicules, puis des plaies plus étendues. La surface devient à la suite très rugueuse. Si l'irradiation intéresse la partie supérieure de l'oreille, les mêmes effets, quoique à un degré moindre, s'observent aussi du côté interne. Bientôt, au bout de cinq à sept jours, un phénomène nouveau commence à prédominer. Les éléments cellulaires détruits par l'action directe de la lumière ou dégénérés à la suite des troubles vasculaires et nutritifs très intenses, forment à la surface des strates de plus en plus épaisses (deux à trois millimètres d'épaisseur tandis que l'épaisseur du milieu de l'oreille ne dépasse pas 0,8 à 0,9 millimètres). Cinq à huit jours plus tard la croûte se détache ; l'épiderme néo-formé apparaît. L'endroit de couleur rose, d'aspect très fin sans aucune trace de follicules

pileux est sensiblement épaissi. De très minces pellicules de l'épiderme, argentées et brillantes se détachent de la surface. L'épaississement de la région s'atténue peu à peu. La desquamation devient assez intense. Il survient ici, comme dans une inflammation typique, une dégénérescence lorsque le tissu nouveau prolifère avec beaucoup d'activité, sans que la formation nouvelle des vaisseaux marche parallèlement. Au bout de deux mois, l'endroit se distingue encore par son aspect plus foncé et un léger épaississement. Cependant les poils ne repoussent à aucun moment. Sur un lapin dont une oreille a été irradiée pendant trois heures, et l'autre pendant cinq heures, les poils, au bout de six mois, n'ont pas réapparu (sauf quelques-uns très rares). Au contraire, au voisinage immédiat, ils ont repoussé assez nettement. Il est probable que les bulbes pileux ont dégénéré à la suite de l'action de la lumière ultra-violette trop intense ou d'un remaniement des tissus trop profond, ce qui expliquerait l'arrêt de la croissance des poils.

Dans le tableau, page 30, nous avons résumé la marche des réactions dans les trois cas

D'après le tableau, nous voyons que les différences portent sur la vitesse de l'apparition et l'intensité de la réaction, de même que sur la durée des processus de réparation.

La description de la réaction que nous avons donnée plus haut se rapporte aux expériences faites surtout en été. Il faut signaler cependant qu'en hiver la réaction se présente d'une manière un peu différente. La différence porte surtout sur la vitesse de l'apparition et aussi sur l'intensité des effets. Tandis qu'en été la réaction pour les irradiations de quelques minutes devenait manifeste déjà au bout de quatre heures environ, pendant les mois de décembre, janvier, février, elle n'apparaissait pas avant huit heures, souvent, beaucoup plus tard (vingt-quatre heures). En outre, l'intensité de tous les effets de la réaction pendant cette époque n'atteint jamais le degré que nous constatons en été.

Ajoutons enfin que les mêmes expériences ont été reproduites sur la peau humaine. On retrouve ici les mêmes caractères qui, d'ailleurs, ne diffèrent en rien de ceux du coup de soleil. Mais la pigmentation apparaît ici extrêmement persistante. C'est ainsi que sur notre avant-bras la tache brunâtre provenant d'une irra-

Observation au bout de :	Irradiations de 1 à 3 min.	Irradiations de 5 à 15 min.	Irradiations au-dessus de 1 heure
2 heures	Rien	Rien	Vaso-dilatation
4 heures	Rien	Vaso-dilatation	Vaso dilat. très nette
6 heures	Vaso-dilatation	Vaso-dilatation très nette	Début de l'inflammation
24 heures	Inflammation assez forte	Inflammation très forte	Inflammation extrêmement forte
2 jours	Décroissance des effets inflam- matoires.	Décroissance des effets inflamm. Hémorragies, vési- cules, plaies.	Sans changement
4 jours	Disparition des effets inflam- matoires, Aspect foncé.	Atténuation très forte des effets inflam- matoires. Hémorra- gies, plaies.	Décroissance des effets inflammatoires. Hé- morragies, vésicules, plaies très abondantes
7 jours	Aspect foncé ; parfois desqua- mation.	Disparition des effets inflamm. Hémor- ragies et plaies moins étendues.	Formation des croûtes.
25 jours	Rétablissement	Quelques hémorra- gies, plaies. Aspect plus foncé. Desqua- mation.	Détachement de la croûte.
25 jours	"	Rétablissement	Épaississement, aspect foncé, desquamation.
2 mois	---	Stimulation du sys- tème pileux.	Léger épaississement. Aspect foncé. Pas de stimulation du sys- tème pileux.
5 mois	---	---	Léger épaississement. Aspect plus foncé. Pas de stimulation du système pileux.

diation de dix minutes est restée bien visible même au bout de trois ans.

RÉSUMÉ. — En faisant abstraction de différents effets accessoires de la réaction, l'étude précédente nous montre que l'action de la lumière ultra-violette sur l'oreille des lapins albinos présente les caractères suivants :

1^o *La réaction n'est pas instantanée, elle se manifeste au bout de quelques heures ;*

2^o *La réaction débute par une vaso-dilatation locale qui présente ensuite tous les caractères d'une inflammation typique ;*

3^o *La disparition des effets inflammatoires est suivie :*

a) *d'un aspect plus foncé ;*

b) *d'une desquamation.*

De l'ensemble de ces caractères il résulte qu'au point de vue physiologique la réaction cutanée déterminée par les sources artificielles riches en rayons ultra-violets est identique au coup de soleil ou au coup des glaciers. L'étude ultérieure va nous préciser encore davantage cette analogie en nous montrant que c'est la même région du spectre ultra-violet qui intervient dans les deux cas.

Détermination de la durée du seuil d'irradiation

Pour analyser quantitativement l'action des rayons ultra-violets pour comparer et mesurer l'influence de différents facteurs physiques et physiologiques sur l'efficacité de l'irradiation, il est avant tout indispensable de bien choisir une certaine unité de mesure. Nous avons choisi comme unité la valeur du seuil d'irradiation, appelant ainsi la plus petite durée d'irradiation nécessaire à l'apparition d'un stade bien déterminé de la réaction par exemple de la plus petite rougeur visible

Pratiquement nous procédons de la manière suivante : Un carton noir portant deux à quatre trous, chacun de six à huit millimètres de diamètre, est appliqué contre la face externe de l'oreille. Ces trous sont mis à découvert pendant des durées qui varient de l'un à l'autre de dix à vingt secondes. Si au bout de huit à vingt-quatre heures un endroit irradié présente la rougeur visible, tandis que l'endroit irradié pendant la durée immédiatement inférieure n'a pas réagi, on prend cette durée supérieure

comme seuil de durée d'irradiation. Les irradiations sont faites l'une à côté de l'autre à une distance de quatre à six millimètres.

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous quelques expériences. Des déterminations pareilles portaient sur plus de 15 lapins albinos.

L'examen attentif de ces quelques expériences nous fournit des données précieuses au point de vue technique comme renseignement sur la topographie de la sensibilité de l'oreille.

Ainsi : a) Les expériences 1 et 8, 3 et 9, 4 et 12, 7 et 14 dont chaque paire est faite sur la même oreille, mais tantôt dans la partie inférieure, tantôt dans la partie supérieure, montrent que la durée du seuil d'irradiation n'est pas la même sur toute la longueur de l'oreille : dans le tiers supérieur, elle est en moyenne de soixante secondes ; dans la partie inférieure, elle est de trente à quarante secondes environ. La sensibilité plus grande de la partie inférieure de l'oreille peut être facilement vérifiée, en effectuant le long de l'oreille une série d'irradiations d'égale durée. On constate alors que l'intensité de la réaction diminue à mesure qu'on s'élève ; elle peut disparaître complètement en haut.

b) Des expériences 4 et 5, 6 et 7, 11 et 12, 13 et 14 il résulte que, sur le même animal, les régions correspondantes symétriques de deux oreilles présentent la même durée du seuil d'irradiation et par conséquent la même sensibilité.

Enfin c) Les expériences 2, 4, 6, 8, 11, 14 prouvent que la durée du seuil varie d'une façon assez notable d'un animal à l'autre.

Pratiquement, ces résultats sont importants : car nous voyons que pour comparer l'influence de différents facteurs sur l'efficacité de l'irradiation, on doit porter les irradiations soit sur la même oreille en des endroits autant que possible rapprochés (1) ; soit sur les deux oreilles aux endroits correspondants. On évitera de cette manière les différences locales et individuelles assez notables, et la précision dans la détermination de la durée du seuil d'irradiation peut atteindre dans ces conditions 10 à 20 pour cent.

(1) Les irradiations doivent porter sur des points assez éloignés pour éviter l'influence d'une réaction sur l'autre. Pour les irradiations très faibles et restreintes, une distance de 4 à 6 millimètres suffit complètement.

DEUX TIERS INFÉRIEURS DE L'OREILLE.

Expé- riences.	Dates	Lapin	Oreille	Durée d'irradiation et son efficacité	
1	8/VI	II	droite	40 sec.—	53 sec. +
2	10/VI	III	droite	45 sec.—	60 sec. +
3	7/VII	VII	droite	20 sec.—	30 sec. +
4	19/XI	9	gauche	10 sec.—	20 sec. + à peine 40 sec. +
5	»	»	droite	10 sec.—	20 sec. + à peine 40 sec. +
6	21/XI	7	gauche	10 sec.—	20 sec. + faible
7	»	»	droite	10 sec.—	20 sec. + faible

TIERS SUPÉRIEUR DE L'OREILLE.

8	3/VI	II	droite	70 sec.—	90 sec. +
9	7/VII	VII	droite	50 sec.—	65 sec. +
10	19/XI	11	droite	60 sec.—	75 sec. +
11	27/XI	9	droite	40 sec.—	60 sec. +
12	»	»	gauche	40 sec.—	60 sec. +
13	24/XI	7	gauche	20 sec.—	40 sec. +
14	»	»	droite	20 sec.—	40 sec. +

L'étude précédente nous permet d'aborder l'analyse plus détaillée de l'action des rayons ultra-violetes sur la peau.

Recherches des radiations actives

Une des premières questions qui se pose dans l'étude de l'action de la lumière c'est la détermination des radiations actives.

CHALEUR. — Malgré la fréquente insuffisance des précautions dans l'élimination de l'influence calorifique (Widmark, Hammer, Möller, Finsen), il résultait cependant nettement déjà des travaux antérieurs que l'érythème décrit plus haut n'est pas dû à la chaleur mais bien à la lumière. Cela nous permet d'être bref sur ce sujet.

Dans notre étude trois faits démontrent l'inaction de la chaleur dans la production de l'érythème :

a) Apparition de la réaction au bout de quelques heures, pigmentation très nette sur la peau des sujets non albinos, enfin, rétablissement très lent. On n'observe pas ces caractères dans l'érythème calorifique ;

b) Mesures thermométriques — dans les conditions d'expérimentation où nous nous plaçons — la température à l'endroit irradié ne dépasse pas cinq degrés au-dessus de la température ambiante (ce qui fait 25° à 30° degrés au plus — température qui n'est pas suffisante pour provoquer un érythème).

c) L'inefficacité des irradiations très prolongées (plus de dix heures) à travers le verre — une lame d'un millimètre d'épaisseur — qui est cependant en grande partie perméable à la chaleur (1).

RADIATIONS VISIBLES. — Cette inefficacité des irradiations à travers le verre prouve, en outre, que les radiations visibles n'interviennent pas non plus dans la production de la réaction.

RADIATIONS ULTRA-VIOLETES. — Nous avons vu dans l'exposé historique de la question, que si les radiations les plus réfrangibles du spectre visible sont capables de déterminer un érythème, pourvu que la source de ces radiations soit assez intense, les radiations ultra-violettes sont pratiquement presque seules actives. Parmi ces dernières, les rayons ultra-violetes extrêmes,

(1) Voir les expériences plus bas.

ceux qui ne traversent pas le verre sont beaucoup plus efficaces que les rayons ultra-violets de longueur d'onde plus grande. Il semble donc que l'efficacité des radiations croisse à mesure que la longueur d'onde diminue.

Mais d'autre part, étant donnée la très faible pénétrabilité des radiations ultra-violettes extrêmes à travers les tissus, il est très probable, déjà *à priori*, que ces rayons n'interviennent pas dans la production de la réaction cutanée. D'après les recherches de M. et Mme V. Henri et R. Wurmser (1), les rayons ultra-violets très courts sont arrêtés par des couches du protoplasma extrêmement minces, à peine quelques millièmes de millimètre d'épaisseur. Dans le cas de l'oreille, les couches superficielles comme le *stratum corneum* doivent fatalement absorber une grande partie des radiations extrêmes et les rendre ainsi inactives. Il était donc intéressant de déterminer la région du spectre ultra-violet, qui est la plus active dans la production de l'érythème sur l'oreille du lapin.

Cette détermination peut être réalisée soit en cherchant à isoler les différentes régions du spectre par des écrans absorbants, soit en faisant agir des rayons monochromatiques obtenus avec un prisme.

Cependant une condition générale est nécessaire à ce deuxième mode d'étude, c'est d'avoir à sa disposition une source très intense.

La méthode des écrans permet d'opérer avec une source moyenne telle que la lampe au Hg. La méthode de décomposition, par le prisme ne peut être que difficilement employée avec cette source qui est trop faible ; il faut une source beaucoup plus intense comme, par exemple, une étincelle de résonnance.

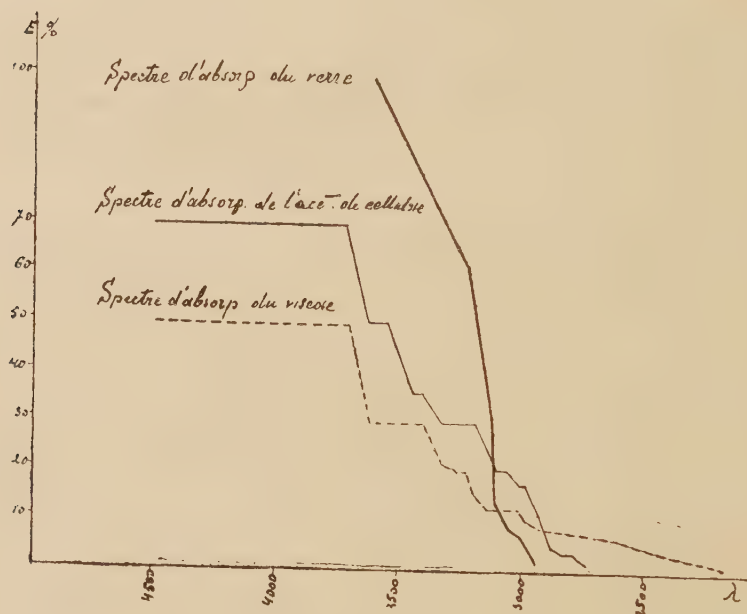
1. MÉTHODE DES ÉCRANS. — Les écrans employés par nous le verre, l'acétate de cellulose, la viscose, le quartz — absorbent inégalement les différentes régions du spectre ultra-violet. L'étude quantitative de la transparence de ces écrans aux rayons de différentes longueurs d'onde a été faite par la méthode de photométrie des spectrogrammes de V. Henri (2).

Dans le graphique suivant nous avons représenté la valeur

(1) M. et Mme V. Henri et R. Wurmser, C. R. Soc. de Biol., Juillet 1912.

(2) V. Henri. Soc. de Biol., 1912, t. LXXII, p. 989.

numérique des proportions en pour cent d'énergie pour différentes valeurs de λ qui traversent ces écrans.



Courbe N° 1. Proportion en pour cent d'énergie transmise à travers les écrans.

D'après le tableau on voit qu'une lame de verre de un millimètre d'épaisseur arrête presque complètement les radiations de λ inférieures à 3100 unités d'Angström, en laissant passer sans grand affaiblissement les radiations de longueur d'onde plus grande.

L'acétate de cellulose de 0,05 millimètres d'épaisseur est plus perméable aux radiations ultra-violettes ; il laisse passer jusqu'à 2750 u. A : cependant déjà à partir de 2900 u. A. cette transparence est faible ($< 10 \%$); elle croit ensuite au fur et à mesure que la longueur d'onde augmente, ainsi :

pour $\lambda = 2980$ elle est de 17% :

pour — 3047 — 20% .

Enfin, la viscose est transparente pour les radiations les plus extrêmes ; néanmoins, la proportion d'énergie transmise est assez faible à partir de 2980 (10%).

VERRE — UNE LAME DE 1 MILLIMÈTRE D'ÉPAISSEUR				VITESSE — UNE LAME DE 0,06 MILLIMÈTRES D'ÉPAISSEUR				ACÉTATE DE CELLULOSE UNE LAME DE 0,05 MILLIMÈTRES			
Lapin	Durée d'irradia- tion	Efficacité	Lapin	A travers le quartz		Lapin	A travers le quartz		A travers l'acétate de cellulose	Efficacité	
				Durée du seul en sec.	Durée d'irradia- tion en m.		Durée du seul en sec.	Durée d'irradia- tion en m.			
1	2 heures	—	X	50-60	4 5	X	40	2 3	— + faible	— + faible	
	3 »	—									
	4 »	—									
	5 »	—									
2	8 »	—	XI	40-50	3 4	XI	40-50	3 4	— + faible	— + faible	
	8 »	—									
	40 »	—									
	40 »	—									
3	8 »	—	9	40-50	3 4	9	40-50	2 3	— + faible	— +	
	8 »	—									
	40 »	—									
	40 »	—									

En déterminant les durées du seuil pour les irradiations faites à travers ces divers écrans on peut arriver à fixer la région la plus active du spectre ultra-violet (Voir p. 37).

Le tableau ci-dessous résume la moyenne de plus de 70 déterminations.

Ecrans	Epaisseur de l'écran en mm.	Rayons transmis par l'écran en unités d'Angstrom	Durée du seuil	Ralentissement
Quartz	—	6400-2324	30 sec.	1
Acétate de cellulose	0,05	Jusqu'à 2900 — bien 2900-2950 affaibli	3-4 min.	6-8
Viscose	0,06	Jusqu'à 3000 — bien 3000-2324 affaibli	4-5 min.	8-10
Verre	1,0	Jusqu'à 3100 — bien 3100-2930 affaibli	> 10 heures	> 1200

Ces résultats montrent que :

a) Les radiations de longueur d'onde plus grande que 3100 u. A. n'ont pratiquement aucune action sur l'oreille du lapin (1).

b) Les irradiations à travers l'acétate de cellulose sont plus efficaces qu'à travers la viscose.

Nous avons vu plus haut que la viscose est plus transparente aux rayons ultra-violet extrêmes : elle laisse passer les radiations jusqu'à $\lambda = 2324$, tandis que les rayons transmis à travers l'acétate de cellulose ne s'étendent que jusqu'à $\lambda = 2750$. Par contre, la proportion des radiations transmises à travers l'acétate de cellulose à partir de $\lambda > 2850$ est sensiblement plus grande. Puisque les

(1) Les auteurs comme Finsen (Mit. H. I, 1900), Jansen (Beitr. f. path. Anat. 1907, H. 41 S. 277) trouvent une action appréciable à travers le verre dans les irradiations avec la lampe à arc ou la lumière solaire. On ne peut expliquer la discordance entre leurs résultats et les nôtres, qu'en supposant la différence très forte dans l'intensité des sources.

irradiations à travers cet écran sont plus efficaces qu'à travers la viscosse on doit en conclure que les radiations de $\lambda > 2800-2900$ environ sont plus actives que les radiations ultra-violettes plus courtes, Mais, comme d'autre part, les radiations de $\lambda > 3100$ sont inefficaces (expériences à travers le verre), nous arrivons ainsi à ce résultat que la région la plus active du spectre se trouve entre 2800-3100 unités d'Angström.

Cependant cette méthode des écrans, en nous indiquant approximativement la région la plus active du spectre, ne permet pas de préciser les radiations les plus énergiques dans la production de l'érythème. C'est pour cette raison que nous avons eu recours à une autre méthode plus précise.

2^o LA MÉTHODE DES RAYONS ULTRA-VIOLETS MONOCHROMATIQUES. — Dans cette méthode, l'activité de différentes radiations monochromatiques a été comparée en mesurant en valeur absolue pour chaque raie la quantité d'énergie incidente nécessaire pour produire la moindre rougeur. Cette étude a été faite en collaboration de M. V. HENRI.

La source employée dans ces expériences était une étincelle obtenue avec un grand transformateur en résonnance pour 42 périodes par seconde, avec une batterie de condensateur de 0,1 microfarad. Le transformateur est alimenté par un courant de 110 volts et l'intensité est égale à 25 ampères. L'image de l'étincelle qui éclate entre les électrodes de 15 millimètres de diamètre est projetée sur une fente par une lentille en quartz de 8 centimètres de diamètre et de 15 centimètres de foyer. La lumière est ensuite décomposée par un système optique formé de deux grandes lentilles et de deux prismes Cornu de 6 centimètres. L'énergie de chaque raie est mesurée avec une pile thermoelectrique de Hilger, étalonnée avec une lampe Hefner.

On fait tomber les différentes régions du spectre sur l'oreille du lapin et l'on cherche, comme d'habitude, la durée d'irradiation qui correspond au seuil.

Le tableau ci-dessous nous montre quelques-unes de ces expériences.

De ces expériences il résulte nettement que :

a). — L'ultra-violet extrême de $\lambda = 2300$ et 2500 n'agit pas d'une façon sensible sur les tissus de l'oreille; nous n'avons pas

pu atteindre le seuil même avec une quantité d'énergie de $1.2.10^7$ ergs par centimètre carré;

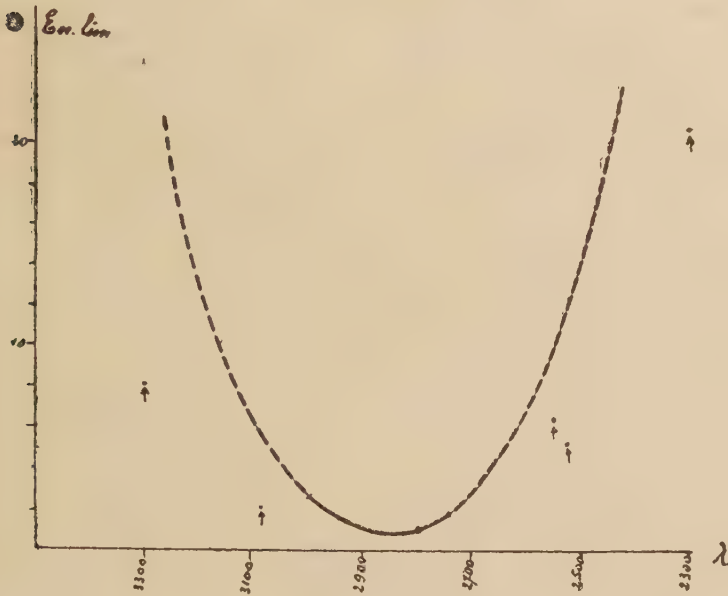
b). — La région de l'ultra-violet qui dans ces expériences est la plus active (il manque la région voisine de 2900) correspond à $\lambda = 2800$; l'énergie nécessaire pour produire une irritation des tissus est ici égale à $0,057.10^7$ ergs, ce qui équivaut à $1/74$ de petite calorie;

c). — Pour $\lambda = 3300$ nous n'avons obtenu aucun effet sensible; rappelons qu'avec le rayonnement total d'une lampe au mercure, en interposant une lame de verre de 1 millimètre qui laisse bien passer les rayons de $\lambda > 3100$, on n'obtient aucun effet, même après dix heures d'irradiation.

Date	Elec- trodes	λ	Energie en ergs par cm^2 s.	Durée d'irrad. en min.	Effi- cacité	Duré du seuil en min.	Energie en ergs par cm^2 correspondant au seuil
13/V	Cd.	2300	4600	30 45	— —	> 45	> $1,2.10^7$
23/V	Zn.	2502 2558	1470	25 35	— —	> 35	> $0,31.10^7$
21/V	Hg.	2537	532	90 120	— —	> 120	> $0,38.10^7$
12/V	Cd.	2749	1120	10 15	— +	15	$0,1.10^7$
14/V	Mg.	2800	4760	1 2	— +	2	$0,057.10^7$
23/V	Hg.	2967 3021	420	45 60	— +	60	$0,15.10^7$
16/V	Al,	3082 3092	1260	10 15	— —	> 15	> $0,11.10^7$
23/V	Zn.	330 0	1260	50 60	— —	> 60	> $0,48.10^7$

On voit ainsi que ces résultats confirment et précisent ceux obtenus précédemment par la méthode des écrans, à savoir que la région la plus active du spectre ultra-violet se trouve au voisinage de 2800 à 2900 unités d'Augström.

La courbe ci-dessous représente la relation entre l'énergie nécessaire pour produire une certaine réaction et la longueur d'onde.



Courbe No 2. Relation entre l'énergie liminaire et la longueur d'onde.

La partie de la courbe en trait plein correspond à la marche exacte du phénomène; la partie pointillée représente en gros l'allure hypothétique.

C'est au voisinage de 2800 à 2900 que l'énergie correspondant au seuil passe par son minimum, égal à $0,057.10^7$.

Nous reviendrons plus tard à la discussion de ces résultats.

Penétabilité des rayons ultra-violet actifs à travers les tissus cutanés de l'oreille.

Les résultats précédents suggèrent une question intéressante sur la pénétration des radiations actives à travers les tissus cu

tanés. Il est, en effet, important pour le mécanisme de l'action de déterminer si ces radiations peuvent traverser l'épaisseur de l'épiderme, car si elles sont absorbées avant d'atteindre le niveau des vaisseaux sanguins, cela indiquerait, du même coup, que l'action de la lumière sur le système vasculaire est indirecte.

On sait que le protoplasma cellulaire absorbe d'une façon très intense les rayons ultra-violets et l'absorption croît très vite pour des rayons de plus en plus courts; ainsi, d'après les mesures de M. et Mme V. Henri (1), les 9/10 des rayons sont absorbés :

pour $\lambda = 2324$	a une couche de 0,02 mm. du protoplasma;
pour $\lambda = 2703$	— 0,10 — —
pour $\lambda = 2820$	— 0,09 — —
pour $\lambda = 2894$	— 0,12 — —
pour $\lambda = 2926$	— 0,19 — —
pour $\lambda = 3024$	— 0,77 — —

Par conséquent, pour que les rayons ultra-violets puissent agir, il faut que les cellules sur lesquelles porte l'action de la lumière se trouvent à une profondeur très minime.

Pour déterminer si les radiations actives peuvent pénétrer jusqu'au niveau des vaisseaux, nous avons découpé un lambeau de tissus cutanés très mince de 0,14 millimètres d'épaisseur. Ce lambeau doit comprendre non seulement l'épiderme, mais aussi une partie du derme (2). En photographiant le spectre ultra-violet à travers ce lambeau, on trouve que la raie 2967 passe, mais affaiblie; le groupe 3021 passe nettement et, à partir de 3131, la transparence est peu altérée.

Il résulte de là :

a) Que les radiations actives (2900-3100) peuvent atteindre le niveau des vaisseaux; d'autant plus que les vaisseaux les plus petits se trouvent à une profondeur sensiblement inférieure à l'épaisseur de notre lambeau.

b) Si l'on admet que le pouvoir absorbant du protoplasma cel-

(1) C. R. Ac. des Sc., 1912, t. 155, p. 315.

(2) En effet, d'après les différents auteurs (Zieler, Jansen, etc.), l'épaisseur de l'épiderme de l'oreille de lapin est sensiblement moindre que celle de l'épiderme de l'homme; chez ce dernier, d'après Prenant, elle ne dépasse pas dans la plus grande partie de son étendue 0,05 à 0,1 millimètre d'épaisseur.

lulaire est le même que celui des tissus cutanés, on voit que l'action des radiations les plus efficaces peut s'étendre jusqu'à 1/10 à 1/6 millimètres de profondeur.

Ainsi donc *les rayons ultra-violets actifs dans la production de l'érythème pénètrent très peu à travers les tissus cutanés; à peine quelques dixièmes de millimètres, néanmoins suffisamment pour pouvoir atteindre le niveau des vaisseaux.*

Influence de l'intensité du rayonnement ultra-violet

Dans l'étude des phénomènes photobiologiques il se pose souvent la question de savoir si une irradiation intense, mais de courte durée, se conduit de la même manière qu'une irradiation moins intense, mais plus prolongée. C'est, en d'autres termes, l'étude de l'influence de l'intensité de la lumière sur son efficacité. — Il en découle cette autre question de savoir si le produit de l'intensité par la durée d'irradiation reste constant dans tous les cas.

Examinons d'abord la relation entre l'intensité et l'efficacité de la lumière.

1° RAYONNEMENT TOTAL. — Pour établir la relation entre l'intensité du rayonnement et son efficacité, qui, comme auparavant, est représentée par la durée du seuil d'irradiation, nous avons fait varier l'intensité en augmentant progressivement la distance entre la source et l'oreille irradiée.

La série d'irradiation à des distances variables est faite généralement sur la même oreille. On vérifie ensuite les résultats sur l'autre oreille.

Nous donnons pages 44, 45, 46 les résultats de quelques expériences sur la relation entre la durée du seuil et l'intensité. En voici le résumé :

Distance en cm. = d :	6	10	20	30	40
Intensité relative = I :	100	36	9	4	2,3
Durée du seuil en sec. = t :	10	27	100	250	500

On voit bien et le graphique (page 47) rend très manifeste ce résultat que *la durée du seuil d'irradiation augmente très vite à mesure que l'intensité du rayonnement diminue.*

ALBINOS N° 1, OREILLE DROITE :

Distance	Temps d'irradiation	Efficacité	Durée du seuil
6 cm.	7 s.	—	10 s.
	12 s.	+	
10 cm.	20 s.	?	30 s.
	40 s.	+	
20 cm.	90 s.	—	120 s.
	120 s.	+ faible	
	180 s.	+	
40 cm.	5 m.	—	7 à 8 m.
	7 m.	+ à peine	
	10 m.	+	

ALBINOS N° 1, OREILLE GAUCHE :

6 cm.	10 s.	+ faible	10 s.
10 cm.	20 s.	?	25 à 30 s.
	40 s.	+	
20 cm.	70 s.	—	100 s.
	100 s.	+	
30 cm.	150 s.	—	210 s.
	240 s.	+	
40 cm.	5 m.	—	7 à 8 m.
	8 m.	+	

LAPIN N° 2, OREILLE DROITE :

Distance	Temps d'irradiation	Efficacité	Durée du seuil
6 cm.	6 s. 12 s.	— + faible	10 à 12 s.
10 cm.	20 s.	+ très faible	25 s.
20 cm.	60 s. 90 s.	? + faible	80 s.
30 cm.	150 s. 210 s. 240 s.	— ? + faible	240 s.
40 cm.	8 m.	+ faible	8 m.

LAPIN N° 2, OREILLE GAUCHE :

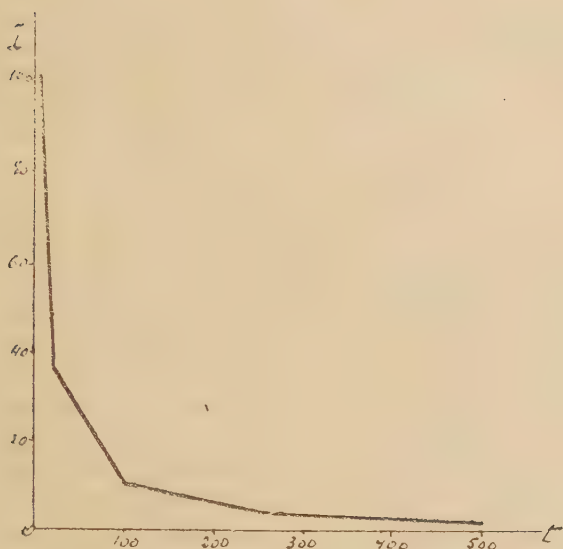
6 cm.	5 s. 10 s.	— + très faible	10 s.
10 cm.	20 s.	+ faible	20 s.
20 cm.	80 s. 120 s.	? + faible	100 à 120 s.
30 cm.	240 s. 360 s.	? +	300 s.
40 cm.	6 m. 9 m.	— ?	10 à 12 m.

LAPIN N° 3, OREILLE DROITE :

Distance	Temps d'irradiation	Efficacité	Durée du seuil
6 cm.	6 s. 10 s.	— + faible	8 à 10 s.
10 cm.	30 s.	+ faible	30 s.
20 cm.	70 s. 90 s.	— + faible	100 s.
40 cm.	6 m. 8 m.	— +	8 m.

LAPIN N° 3, OREILLE GAUCHE :

6 cm.	10 s.	+ faible	10 s.
20 cm.	80 s. 100 s.	— + faible	100 s.
30 cm.	210 s. 250 s.	— + faible	250 s.
40 cm.	8 m. 10 m.	+ faible +	7 à 8 m.



Courbe N° 3. Relation entre l'intensité du rayonnement et la durée du seuil d'irradiation.

2° RAYONNEMENT MONOCHROMATIQUE. — Nous avons cherché ensuite à vérifier l'influence de l'intensité sur la durée du seuil en employant un rayonnement monochromatique $\lambda = 2800$ u. A. Le mode de production des radiations monochromatiques, le procédé des mesures de l'énergie incidente a été décrit plus haut (page 39).

Des variations de l'intensité de la raie on été obtenues en réglant l'intensité du courant primaire.

Le tableau suivant indique le résultat des expériences :

Date	Electrodes	λ	Energie en ergs par cm^2 : sec.	Durée du seuil en minutes
9/VI	Mg.	2800	4760	2
			2520	4
10/VI	Mg.	2800	3220	3 1/2
			6020	2

On voit que les conclusions des expériences faites avec un rayonnement total sont confirmées par ces résultats. Par conséquent, la durée du seuil augmente quand l'intensité diminue. Nous allons chercher à préciser cette relation.

Energie correspondant au seuil

1) RAYONNEMENT TOTAL. — D'après la loi de Bunsen et Roscoe (1) la vitesse d'une réaction photochimique est proportionnelle au produit de l'intensité de la lumière par la durée, c'est-à-dire proportionnelle à la quantité d'énergie du rayonnement — E : $Q = kIt = kE$.

Cette loi a été vérifiée dans certaines réactions photochimiques, comme par exemple, l'action du chlore sur l'hydrogène (Draper), l'oxydation de la quinine par l'acide chromique (Goldberg), etc.; elle a été retrouvée aussi dans certains phénomènes de phototropisme chez les plantes (Fröchel, Blaauw) et chez les animaux (J. Loeb et W.-F. Ewald) (2).

Mais cette loi est loin d'être générale. On trouve, par exemple, des écarts assez sensibles dans l'action de la lumière sur les sels d'argent (Schwarzschild, Abney Englisch etc.), l'énergie nécessaire pour produire la même réaction photochimique pendant les durées variables présente un minimum. — L'étude de M. et Mme V. Henri sur l'excitabilité de petits animaux par les rayons ultra-violetes montre aussi l'existence très manifeste d'un minimum d'énergie. Ce fait est encore plus accentué d'après les travaux de V. Henri et Larguier des Bancels (3) dans l'excitabilité de la rétine par la lumière.

Quand on évalue dans le cas de l'oreille de lapin les énergies correspondantes aux différentes intensités :

$$E \text{ --- } It : \quad 100 \quad 97 \quad 90 \quad 100 \quad 123$$

on constate que la quantité d'énergie rayonnante nécessaire pour produire un certain effet cutané visible reste sensiblement constante, au moins pour les intensités variant dans les limites de

(1) Bunsen et Roscoe. Ann. d. Phys. 107, 8, 526, 1862.

(2) J. Loeb et W.-F. Ewald. — Zentralblatt für Physiol. Bd. XXVII, n° 22, 1165.

(3) V. Henri et I. Larguier des Bancels. — Photochimie de la rétine. Journ. de Physiol. et de Pathol. gén., Novembre 1911.

100 à 4, dans les limites de la précision que permet la mesure du seuil (10 à 20 0/0).

2^o) RAYONNEMENT MONOCHROMATIQUE. — Voici les résultats des deux expériences citées plus haut:

Electrodes	λ	Energie en ergs par cm ² : sec.	Durée du seuil en min.	Energie en ergs par cm ² correspon- dante au seuil
Mg.	2800	4760	2	0,037.10 ⁷
		2520	4	0,060.10 ⁷
Mg.	2800	3220	3 1/2	0,063.10 ⁷
		6020	2	0,072.10 ⁷

Il résulte nettement de ces expériences que les variations de l'intensité n'influent pas sur la quantité d'énergie correspondant au seuil. La quantité d'énergie reste constante et la loi de Bunsen-Roscoe trouve ainsi sa confirmation dans nos expériences.

Mesure de l'Energie de rayonnement correspondant au coup de soleil

Les recherches précédentes peuvent servir à expliquer la production du coup de soleil et du coup de soleil des glaciers. Les effets physiologiques déterminés sur la peau, soit par la lumière solaire, soit par la lumière artificielle riche en radiations ultra-violettes, sont identiques. Dans les deux cas, la réaction apparaît au bout de quelques heures; dans les deux cas, elle consiste dans une rougeur qu'accompagnent une tuméfaction et une douleur plus ou moins sensible. La disparition de ces effets est suivie de l'apparition d'une pigmentation brunâtre très prolongée, puis d'une desquamation.

D'autre part, c'est aussi la nature des radiations agissantes qui est analogue. D'après les résultats de Finsen (1) ce sont les

(1) Finsen, 1 c.

rayons extrêmes du spectre solaire qui sont actifs. Les mesures photométriques de Cornu(1), Kowalski(2), Fabry et Buisson (3) et d'autres ont montré que le spectre solaire s'arrête au niveau de la mer vers $\lambda = 3000$; à une altitude de 3000 à 4000 mètres, la limite se trouve vers 2990; elle est très peu déplacée ensuite; mais l'intensité des rayons ultra-violets du soleil est très fortement augmentée avec l'altitude; d'après Fabry et Buisson, le soleil étant au zénith, la proportion de radiation transmise par l'atmosphère est pour $\lambda = 3000$ seulement de 1/100 environ.

Or, nous trouvons que ce sont précisément les rayons ultra-violets qui se trouvent à la limite du spectre solaire qui produisent des effets d'irritation sur les tissus; on comprend que ces effets augmentent beaucoup avec l'altitude.

On peut calculer la quantité d'énergie nécessaire pour produire un coup de soleil.

L'énergie des rayons ultra-violets abiotiques contenus dans le soleil peut être évaluée, d'après la formule de Wien, utilisée par Hertzsprung et R. Angström :

$$E_{\lambda} = c_1 \int_0^{\lambda} \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} d\lambda = c_1 \frac{e^{-\frac{z}{\lambda}}}{z^4} \left[\left(\frac{z}{\lambda} \right)^3 + 3 \left(\frac{z}{\lambda} \right)^2 + 6 \left(\frac{z}{\lambda} \right) + 6 \right],$$

où $z = \frac{c_2}{T}, \quad c_2 = 14600,$

et C_1 pour le soleil assimilé à un corps noir de 6000° est 11,54 (λ en u).

On trouve ainsi que l'énergie contenue dans le spectre solaire entre 3000 et 3100 u. A est égale environ à 0,04 $\frac{\text{cal. gr.}}{\text{cm}^2 \text{ min.}}$, c. à d.

$$0,16 \cdot 10^7 \frac{\text{ergs}}{\text{cm}^2 \text{ min.}}$$

Cette quantité d'énergie produirait sur la peau de l'oreille de lapin un coup de soleil en une minute environ. Mais la quantité qui arrive au sol est environ cent fois moindre, le coup de soleil sera donc produit pour les mêmes tissus au niveau de la mer au bout de cent minutes et à mesure qu'on s'élèvera pour des durées de plus en plus courtes, le minimum étant d'une minute.

(1) Cornu. C. R. Ac. de sc. CXI. 941 (1890).

(2) Kowalski. The Nature. Mars 1910.

(3) Fabry et Buisson. — Journal de Physique, Mars 1914.

Signalons enfin que les durées d'insolation nécessaires pour déterminer sur la peau humaine (avant-bras, régions abdominale et pectorale), dans les mêmes conditions le coup de soleil seraient certainement assez voisines, car la sensibilité de ces régions est sensiblement égale à celle de l'oreille de lapin.

Irradiations intermittentes

L'étude précédente, si importante qu'elle soit pour l'analyse du phénomène, ne nous renseigne pas cependant sur la nature des processus qui se passent à l'intérieur des tissus sous l'influence de la lumière. Nous nous sommes demandé si on ne pouvait pas déceler le caractère plus intime de la réaction en employant un mode particulier d'irradiation — l'irradiation intermittente.

C'est un phénomène bien connu en physiologie que des excitations qui, isolées, paraissent inactives, deviennent efficaces quand elles sont répétées ; les premières excitations semblent ainsi augmenter l'excitabilité des tissus, de telle sorte que les excitations ultérieures peuvent devenir efficaces.

Ce phénomène observé d'abord par Helmholtz (1854) sur le muscle gastro-cnémien de la grenouille a été vérifié sur beaucoup d'autres muscles striés et particulièrement, sur les muscles lisses, aussi bien chez les vertébrés que chez les invertébrés. Il a été retrouvé encore sur les nerfs et les centres nerveux. On l'observe aussi sur les cellules ciliées, et le protoplasma végétal, comme, par exemple, chez *Dionea*, et d'autres plantes. L'addition des excitations subliminales, comme on appelle ces irradiations individuellement inactives, semble être ainsi un phénomène commun à tous les éléments excitable.

La loi s'applique, non seulement aux excitations électriques, mais encore aux excitations mécaniques, calorifiques et chimiques.

Un cas particulièrement intéressant de l'addition des excitations est celui de l'addition des excitations lumineuses. Ainsi, d'après Richet et Brequet (1), Bloch (2), Charpentier (3) et d'au-

(1) Ch. Richet, Brequet : trav. du labor., 1881, t. I, p. 112.

(2) Bloch. C. R. de la Soc. de Biol. 1886, p. 494.

(3) Charpentier C. R. Soc. de Biol., 1887, p. 3.

tres, une excitation lumineuse unique de 1/1000 de seconde est insuffisante à provoquer une perception visuelle; mais elle devient perceptible quand elle est répétée très rapidement. Le même fait de l'addition a été constaté et étudié tout récemment par M. et Mme V. Henri dans l'excitabilité, par les rayons ultra-violets des animaux de petite taille, comme daphnies et cyclops.

A notre tour nous avons cherché comment le phénomène se présente dans le cas des tissus cutanés de l'oreille de lapin.

1^o) EXISTENCE D'UNE ADDITION LATENTE DES EFFETS DES IRRADIATIONS BRÈVES. — Nous avons vu précédemment que si l'irradiation était d'une durée inférieure à une certaine valeur, appelée durée du seuil d'irradiation continue, elle ne produit aucun effet extérieur. On doit pourtant se demander si une irradiation trop brève pour déterminer une réaction visible ne produit pas quelques effets intra-cellulaires qui, répétés un certain nombre de fois, arrivent enfin à se manifester extérieurement par une vaso-dilatation.

Dans ce but, nous avons fait agir une série d'irradiations brèves de durée inférieure à la durée du seuil, de cinq à dix secondes chacune, et séparée par des intervalles de quelques secondes jusqu'à plusieurs heures, et nous avons constaté, comme le montrent les expériences citées plus loin que les *effets de ces irradiations s'additionnent entre eux* et finissent par déterminer une réaction vasculaire visible.

2^o) PERSISTANCE DES EFFETS. — Une fois l'existence de l'addition démontrée, nous avons cherché à préciser la persistance des effets intra-cellulaires déterminés par ces irradiations subliminales; pour cela, nous avons allongé successivement la durée des intervalles. Nous avons pu ainsi séparer les irradiations de cinq ou dix secondes par des intervalles de six, douze, vingt-quatre et même quelquefois de quarante-huit heures, et nous avons trouvé que dans ces cas l'addition des effets se produit encore.

Nous donnons ci-dessous quelques exemples d'expériences d'irradiation fractionnée avec des intervalles plus prolongés.

Les irradiations séparées par des intervalles encore plus grands ne donnent plus aucune réaction visible même si elles sont répétées un grand nombre de fois. C'est la phase d'addition inefficace.

Donc, une irradiation très brève, de dix secondes, laisse même au bout de quarante-huit heures un effet assez sensible pour que les irradiations suivantes puissent, en additionnant leurs effets, déterminer une réaction vasculaire visible. Dans les irradiations

Date de l'expérience	Durée d'une irradiation	Durée de l'intervalle (en heures)	Nombre d'irradiations	Somme des durées d'irrad. (en secondes)	Effet	Durée du seuil continu (en secondes)
26 juill.	5	5	5	25	net	20
27 juill.	5	12	5	25	+ faible	20
2 fév.	5	24	6	30	+ très faible	30
9 fév.	5	24	8	40	très faible	40
2 nov.	5	48	14	70	rien	30
2 nov.	5	48	18	90	rien	30
20 nov.	10	6	3	30	+ faible	30
26 juill.	10	12	3	30	+ faible	30
27 juill.	10	24	3	30	+ faible	30
16 oct.	10	24	4	40	+ faible	40
19 oct.	10	24	4	40	+ faible	40
19 oct.	10	48	4	40	+ faible	40
19 oct.	10	48	6	60	+ faible	40
4 nov.	10	48	4	40	+ très faible	40
8 nov.	10	72	9	90	rien	30
22 oct.	10	72	13	130	rien	40

plus courtes, de cinq secondes, les effets s'effacent plus vite. Le rapport de la durée d'irradiation à la durée de l'intervalle est supérieur à 1/17000. On voit ainsi la *longue persistance intra-cellulaire des effets des irradiations ultra-violettes*.

C'est un fait très particulier et fort intéressant de l'action de la lumière ultra-violette sur la peau. Tandis que pour les excitations électriques, mécaniques, chimiques, calorifiques, — la persistance des effets ne dépasse pas deux à trois secondes au plus, — ce qui fait 2,000 à 3,000 fois la durée d'une seule excitation — l'action des irradiations subliminales sur la peau subsiste pendant vingt-quatre et même quarante-huit heures sans amoindrissement sensible — ce qui représente en moyenne 20,000 fois la durée d'une seule excitation.

3^o) INFLUENCE DE LA DISCONTINUITÉ DES IRRADIATIONS SUR LEUR EFFICACITÉ. — D'après V. Henri (1), les irradiations intermittentes n'ont pas le même effet suivant la taille des organismes dont il s'agit. Ainsi, pour les microbes, il n'y a aucune différence dans l'action abiotique entre le rayonnement continu et le rayonnement intermittent. Au contraire, pour les organismes plus grands : infusoires divers, petits crustacés, etc., on trouve une différence très nette entre l'action de l'irradiation continue et celui de l'irradiation intermittente. Dans certains cas, l'irradiation fractionnée est plus active que l'irradiation continue : c'est le phénomène d'*addition renforcée*. Il s'explique par la diffusion durant les intervalles des substances qui ont pris naissance pendant l'irradiation. Il faut remarquer cependant que dans les deux cas, il s'agissait d'une action différente de la lumière : abiotique dans le cas des microbes, elle était excitatrice dans le cas des organismes de taille plus grande ; nous ne savons pas si les deux phénomènes, au point de vue des processus photochimiques, sont tout à fait de la même nature.

Pour étudier l'influence de la discontinuité des irradiations nous avons comparé soit la durée du seuil continu avec celle du seuil interrompu ; soit, dans d'autres cas, l'intensité des réactions produites par l'irradiation continue et l'irradiation intermittente dont la durée totale est la même et voisine du seuil.

Voici quelques exemples de très nombreuses expériences :

(1) V. Henri. — C. R. Soc. et Biol. 1912 ; LXXII.

COMPARAISON DES INTENSITÉS DES RÉACTIONS

SÉRIE A.

Date de l'expérience	Durée d'une irradiation en sec.	Durée d'inter-valle-	Nombre d'irradiation	Somme des durées d'irradiation en sec.	Durée d'irradiation continue	Comparaison des effets	
						d'irradiation cont.	d'irradiation interm.
13/VI	5	3 m.	12	60	60	+ faible	+ faible
13/VI	5	6 m.	12	60	60	+ faible	+ faible
17/VI	5	15 m.	12	60	60	+	+
21/VI	5	30 m.	12	60	60	+ faible	+ faible
8/VI	5	2 h.	8	40	40	+ faible	+ faible
26/VI	5	5 h.	5	25	25	+	+
27/VII	5	12 h.	4	20	20	+ faible	+
2/II	5	24 h.	6	30	30	+ faible	+ faible
9/II	5	24 h.	8	40	40	+ faible	+ faible
12/II	5	24 h.	8	40	40	+ faible	+ faible

SÉRIE B.

24/VI	10	5 m.	4	40	40	+ faible	+ faible
25/VI	10	10 m.	6	60	60	+ faible	+ faible
18/VI	10	30 m.	6	60	60	+ faible	+ faible
21/XI	10	1 h.	3	30	30	+	+
20/XI	10	3 h.	3	30	30	+	+
20/XI	10	6 h.	3	30	30	+	+
21/XI	10	6 h.	3	30	30	+	+
10/II	10	12 h.	4	40	40	+	+
26/VII	10	12 h.	3	30	30	+	+
16/XII	10	24 h.	4	40	40	+	+
2/XII	10	24 h.	4	40	40	+	+
27 VI	10	24 h.	3	30	30	+	+
19 X	10	48 h.	4	40	40	+	+
4 XII	10	48 h.	4	40	40	+	+

COMPARAISON DES SEUILS

SÉRIE A.

Date de l'expérience	Durée d'une irradiation en s.	Durée d'intervalle en m.	Nombre d'irradiations	Somme des durées d'irradiations en s.	Effet	Durée du seuil continu en s.
1 ^{er} juin	5	1	10	50	—	60
	3	»	12	60	+ faible	
10 juin	5	1	10	50	—	60
	»	»	12	60	+ à peine	
21 juin	5	1	10	50	douteux	50
	»	»	12	60	+ faible	
13 juin	5	6	10	50	—	60
	»	»	12	60	+ faible	
21 juin	5	30	8	40	douteux	40
	»	»	10	50	+ faible	

SÉRIE B.

4 juin	10	1	6	60	douteux	60
	»	»	7	70	+ faible	
17 juin	10	1	5	50	—	60
	»	»	6	60	+ faible	
12 juin	10	5	7	70	—	80
	»	»	9	90	+ faible	
12 juin	10	10	7	70	—	80
	»	»	9	90	+ faible	
19 juin	10	30	4	40	—	50
	»	»	5	50	+ faible	

Il résulte de ces expériences qu'en faisant varier la durée de l'intervalle dans de très larges limites, de une minute à plusieurs heures, nous ne pouvons constater aucune influence nette due à la discontinuité de l'irradiation. *La réaction se produit sensiblement au moment où la somme des durées des irradiations inter-*

mittentes devient égale à la durée du seuil d'irradiation continue. L'intensité des réactions ne présente pas de différences nettes que l'on irradie d'une manière continue ou discontinue.

Rapprochons ce fait de l'action de la lumière ultra-violette sur l'iodure de potassium en solution acide; ce corps est un absorbant très fort, l'iode qui se forme, absorbe encore plus les rayons ultra-violets.

D'après V. Henri la vitesse de la décomposition de I K est plus grande sous l'influence du rayonnement fractionné que sous l'influence du rayonnement continu. Cette différence s'explique par les processus de diffusion qui se produisent pendant les intervalles et qui favorisent l'action de la lumière.

Dans le cas des tissus de l'oreille, on ne constate aucune influence sensible de la durée de l'intervalle. Cela paraît indiquer que les processus de diffusion n'interviennent pas dans la réaction vasculaire. La lumière ultra-violette agirait donc directement sur les éléments excitable et non par l'intermédiaire des substances formées ailleurs sous l'influence de la lumière.

Lorsque les irradiations fractionnées sont très espacées, au voisinage de la durée limite de la persistance des effets intracellulaires, l'action de l'irradiation intermittente devient sensiblement plus faible que celle de l'irradiation continue de la même durée. Cet affaiblissement tient probablement à l'intervention d'un phénomène nouveau : processus de réparation. Les altérations déterminées par chaque irradiation très brève s'effacent en partie au cours de l'intervalle très prolongé avant que les effets nouveaux s'y ajoutent; l'effet total devient moindre.

Cela nous explique : *a)* que les intervalles suffisamment longs rendent l'efficacité de l'irradiation intermittente moindre ;

b) que lorsque la durée de l'intervalle dépasse celle de la persistance des effets intra-cellulaires, les irradiations intermittentes dont la durée du seuil peut dépasser trois et quatre fois la durée du seuil continu restent apparemment inefficaces.

Malgré un grand nombre de recherches histologiques sur l'action cutanée de la lumière ultra-violette, on sait peu de choses sur la nature de cette action. Sur le tissu épithélial de la langue de grenouille, nous avons pu constater un caractère morphologique intéressant : les irradiations ultra-violettes très

courtes, de une minute et même au-dessous, qui ne sont suivies d'aucun caractère microscopique immédiat, produisent au bout de quelques heures des altérations cellulaires très manifestes. Des phénomènes assez analogues, quoique à un degré moins accentué, se retrouvent aussi sur les tissus musculaires. Ces observations nous montrent la lenteur avec laquelle se passent les transformations du protoplasma cellulaire sous l'influence de la lumière ultra-violette.

En quoi consiste cette action de la lumière au point de vue physico-chimique? Sur les tissus épithéliaux les phénomènes de coagulation sont faciles à observer. M. et Mme V. Henri (1) constatent le même effet sur les organismes de petite taille, l'albumine d'œuf et les albuminoïdes du plasma sanguin. Les hydrates de carbone et les lipoïdes, autres constituants du protoplasme cellulaire sont aussi, d'après les mêmes auteurs, profondément atteints par la lumière ultra-violette.

Il est probable que les rayons ultra-violets déterminent des processus analogues dans certaines cellules des tissus de l'oreille de lapin. Et comme ces réactions ne sont pas réversibles, les éléments atteints par l'action des rayons ultra-violets doivent être éliminés, ce qui explique la longue persistance des effets des irradiations ou la lenteur des processus de réparation.

Influence de la température

Parmi les facteurs physiques, la température occupe une des premières places. Son rôle a été soigneusement étudié dans les phénomènes physiques, chimiques, de même que physiologiques et biologiques.

On convient communément de représenter quantitativement l'influence de ce facteur par le rapport de la grandeur d'un processus à deux températures différant entre elles de dix degrés; nous donnons ci-dessous quelques valeurs de ce rapport pour la température ordinaire d'après la publication de V. Henri.

(1) M. et Mme V. Henri. — Action des rayons ultra-violets sur les micro organismes. — « Journal de Physiol. et Pathol. », p. 865, 1911.

NATURE DES PROCESSUS :

Coefficient thermique
par 10°

$$Q_{10} = \frac{K_t + 10^\circ}{K_t}$$

Processus physiques :

Vitesse de diffusion des cristalloïdes	1,1 à 1,2
Fluidité des solutions de NaCl	1,25
Fluidité du sérum (de 15° à 40°)	1,27
Pression osmotique à température ordinaire. . .	1,03
Tension de vapeur de l'eau	1,99

Processus chimiques :

Réactions chimiques en milieu homogène	2 à 3
Réactions chimiques en milieu hétérogène. . . .	1,2 à 1,4
Réactions chimiques en milieu microhétérogène, réactions colloïdales	1,4
Réactions photo-chimiques.	1 à 1,2

Processus biochimiques :

Action diastasique: invertine	1,4
— — amylase	2,0
— — trypsine	2,3
— — lab	3,2
Respiration des plantes.	1,8 à 2,6
Assimilation chlorophyllienne	3,5

Processus physiologiques :

Division des œufs d'oursins.	2,1
Développement des œufs de grenouille.	2,3
Vitesse de sécrétion rénale	3,3
Rythme de contraction du cœur de grenouille .	2,3 à 2,8
Vitesse d'excitabilité des nerfs et des muscles .	1,7
Vitesse de l'influx nerveux.	1,8

On voit que tous les processus physiologiques sont très fortement influencés par la température ; il en est de même des réactions chimiques. Au contraire, les réactions photo-chimiques sont beaucoup moins sensibles à cette influence. Cette indépendance relative de la vitesse des réactions photo-chi-

ques vis-à-vis de la température est considérée comme un caractère particulier des processus photo-chimiques.

Le même caractère a été retrouvé plus récemment dans l'action des rayons ultra-violets sur les microbes. M. et Mme V. Henri en faisant varier la température entre 0° et 55° trouvent que l'action bactéricide de la lumière ultra-violette ne change pas sensiblement avec la température. D'après les mêmes auteurs, l'excitabilité par les rayons ultra-violets des organismes de petite taille comme les cyclopes, les daphnies, etc., est aussi indépendante de la température.

Date	Température ambiante	Lapin	Oreille	Durée d'irradiation	Temps de réaction	Intensité maxima de la réaction
7/XII	20°	1	droite	15 sec. 30 sec.	2 jours 6 heures	rien +
			gauche	30 sec.	6 heures	+
11/XII	40°	le même	droite droite	15 sec. 30 sec.	3 jours 36 à 48 h.	rien + à peine
4/I	9°	2	droite	20 sec. 40 sec.	4 jours 36 à 48 h.	rien + à peine
			gauche	20 sec. 40 sec.	4 jours 36 à 48 h.	rien + à peine
8/I	18°	le même	droite	20 sec. 40 sec.	8 heures 6 heures	+ faible +
			gauche	20 sec. 40 sec.	6 heures 6 heures	+ faible +
17/I	17°	3	gauche	40 sec. 60 sec.	24 heures 9 heures	rien + faible
19/I	4°	le même	droite	60 sec. 90 sec.	4 jours 2 à 3 jours	rien + à peine

Nous avons cherché à préciser l'influence de la température dans les irradiations ultra-violettes des tissus plus complexes.

Déjà au cours de notre étude nous étions frappé par ce fait que pendant les mois d'hiver comme la fin de décembre, janvier et février la réaction apparaît plus tardivement et avec moins d'intensité qu'à d'autres époques.

Quelques expériences montrent bien l'action de la température ambiante, (voir page 60).

Des quelques exemples cités et de très nombreuses observations, il résulte que l'abaissement de la température ambiante, d'une part affaiblit l'efficacité de l'irradiation, d'autre part, ralentit très fortement l'apparition de la réaction externe.

Pour préciser cette influence, nous avons cherché à déterminer, si la température agit au moment de l'irradiation ou même durant les premières minutes qui la suivent ou si, au contraire, elle agit sur les stades ultérieurs de la réaction.

Pratiquement nous obtenons les variations de la température au moment de l'irradiation en appliquant du côté interne de l'oreille soit un morceau de glace, soit un tampon d'ouate trempé dans de l'eau tiède à 25°. Aussitôt après, l'animal est remis à une température de 18°. Ainsi, les deux irradiations sont faites à des températures différentes, mais l'évolution des réactions se fait à la même température. En comparant alors la vitesse de l'apparition et l'intensité des radiations dans les deux cas, on peut étudier l'influence de la température au moment de la réaction.

Série	Date de l'expérience	Température d'irradiation	Température après l'irradiation	Durée d'irradiation	Temps de réaction	Efficacité	Comparaison des intensités de la réaction
1	28 VI	glace l'eau à 25°	18°-20° »	20 m. »	6 h. 7 h.	+	même
2	1 VII	l'eau à 25° glace	18° »	30 s. 45 s. 30 s. 45 s.	8 h. 8 h.	rien + rien +	même même
3	22 I	l'eau à 25° glace	8° à 10° »	60 s. 90 s. 60 s. 90 s.	4 jours 24 à 36 h. 4 jours 24 à 36 h.	rien + rien +	même

D'après ces expériences, les variations de la température au moment de l'irradiation n'ont aucune influence sur la réaction ; que l'irradiation soit faite sur les tissus refroidis ou légèrement chauffés, la réaction ne présente aucun changement visible.

Pendant cette première phase ce sont des réactions photochimiques et des phénomènes physico-chimiques purs qui se passent à l'intérieur des tissus. Nous constatons que la température n'influe pas d'une façon sensible sur ces processus. Mais puisque dans les expériences décrites plus haut l'action de ce facteur est bien manifeste, on doit en conclure que l'action de la température porte sur la seconde période de la réaction pendant laquelle se passent surtout les phénomènes physiologiques.

Cette influence s'explique par l'action de la température sur le système vasculaire. En effet, la lumière ultra-violette produit une vaspodilatation ; les températures relativement basses, au voisinage de 0°, déterminent, au contraire, une contraction des vaisseaux. On comprend alors que cette action antagoniste du froid doit, d'une part diminuer et même, si l'irradiation est faible, empêcher la manifestation de la réaction vasculaire ; d'autre part, la même influence contraire du froid doit ralentir plus ou moins fortement l'apparition des effets vasculaires.

Cette interprétation est confirmée par ce fait que si un animal irradié et maintenu ensuite à la température plus basse pendant quelques heures (au dessus de huit heures), est transporté ensuite dans une température plus élevée, la réaction apparaît très brusquement au bout de dix à vingt minutes. Si de nouveau on transporte l'animal dans un milieu plus froid, la réaction vasculaire diminue visiblement. En résumé, nous voyons que *si l'influence de la température paraît être nulle sur la production de la réaction, elle est, au contraire, très visible sur la manifestation de cette réaction.*

Influence du système nerveux

Pour préciser l'action physiologique de la lumière ultra-violette sur la peau, nous avons cherché à examiner l'influence des nerfs dans la réaction vasculaire.

Cette influence peut être étudiée par deux méthodes : par la *section des nerfs* et par l'*action des poisons*.

Date	Durée d'irrad.	Temps de réaction		Intensité de réaction		Persistance des effets	
		Côté normal	Côté dont les nerfs sont sectionnés	Côté normal	Côté dont les nerfs sont sect.	Côté normal	Côté dont les nerfs sont sectionnés
14 XI	60 sec. 5 m.	48 heures 8 »	9 heures 5 »		V V	Après 12 j. tache foncée rougeur faible —	Après 12 j. aspect norm. — presque norm.
14 XII	30 sec. 60 sec. 6 m.	— 36 » 12-24 »	10 » 10 » 7 »		V V V	— tache foncée roug. et tum. —	Après 8 j. aspect normal Après 12 j. aspect norm. — aspect norm.
24 I	40 sec. 60 sec. 3 m.	— 24 » 24 »	10 » 10 » 8 »		V V V	Après 6 j. roug. et tum. — roug. et tum. —	Après 6 j. aspect norm. — aspect norm. — aspect norm.
6 II	40 sec. 5 m.	24 » 15 «	9 » 7 »		V V	Après 12 j. tache foncée rougeur faible —	Après 6 j. aspect norm. Après 8 j. aspect norm.

I. — SECTION DES NERFS. — Pour analyser le rôle du système nerveux, nous avons comparé la réaction sur l'oreille normale et sur l'oreille dont on a sectionné préalablement les nerfs.

PROCÉDÉ : Après avoir sectionné aseptiquement les nerfs sympathique et auriculaire d'une seule oreille, on irradie au bout d'une demi-heure à trois heures les points symétriques sur les deux oreilles pendant une même durée. On compare ensuite les effets de l'irradiation sur les deux oreilles. La comparaison porte sur le temps de réaction, l'intensité et la persistance des effets.

Il résulte de quelques exemples cités à la page 63, que :

a) l'action de la lumière ultra-violette sur la peau se produit lorsque les nerfs correspondants sont sectionnés préalablement; donc, la réaction cutanée n'est pas de nature réflexe;

b) que le temps de réaction, c'est-à-dire la durée qui s'écoule entre le moment de l'irradiation et l'apparition de la rougeur, est notablement raccourci à la suite de la section des nerfs, comme le montre les expériences des colonnes 3 et 4. Ainsi, dans les conditions d'expérimentation, cette durée du côté où les nerfs sont sectionnés est égale à six et à neuf heures; du côté normal, elle est comprise entre douze et vingt-quatre heures (colonne 2);

c) l'intensité est plus forte du côté opéré que du côté normal (col. 5). D'accord avec ce résultat, nous voyons en même temps (expériences des 14/XII et 24/I irradiations très courtes) que la durée du seuil est plus courte du côté opéré que du côté normal.

d) Malgré l'intensité plus forte des effets d'irradiation sur l'oreille opérée :

α) les effets disparaissent plus rapidement au bout de six à neuf jours;

β) la desquamation se produit rarement;

γ) le système pileux est stimulé sur toute l'oreille (surtout au-dessus de grands vaisseaux), mais d'une façon plus intense aux endroits irradiés.

En résumé, nous voyons que la section des nerfs de l'oreille de lapin produit : une accélération très sensible de l'apparition vi-

sible des effets d'irradiation, un renforcement net de l'intensité des phénomènes inflammatoires et, enfin, un rétablissement plus rapide. Ajoutons, en plus, que des résultats tout à fait analogues ont été obtenus pour les irradiations faites quelques heures, quelques jours ou même quelques semaines après la section des nerfs.

Il restait alors à préciser la cause de ces modifications : est-ce l'absence du système nerveux lui-même, ou est-ce plutôt la vasodilatation déterminée par la section des nerfs, qui provoque les changements de la réaction ?

Pour répondre à cette question, nous avons comparé les effets des irradiations faites sur la même oreille avant et après la section de deux nerfs. L'intervalle entre les irradiations et la section des nerfs est d'environ une heure.

Date	Durée d'irradiation		Temps de réaction		Comparaison des intensités		Persistance des effets	
	1 heure avant la section des nerfs	1 heure après la section des nerfs	des irradi. avant la section des nerfs	des irradi. après la section des nerfs	des irradi. avant la section des nerfs	des irradi. après la section des nerfs	des irradi. avant la section des nerfs	des irradi. après la section des nerfs
14 XI	30 s.	30 s.	12 h.	10 h.	pas de différ.	8 jours	7 jours	
	60 s.	60 s.	9 h.	10 h.	»	12 »	12 »	
	6 m.	6 m.	7 h.	7 h.	»	»	»	
	40 s.	40 s.	10 h.	10 h.	pas de différ.	6 »	6 »	
	60 s.	60 s.	8 h.	10 h.	»	»	»	
	3 m.	3 m.	8 h.	8 h.	»	»	»	

Nous constatons que les deux séries d'irradiations, antérieure et postérieure à la section, ne présentent aucune différence sensible si l'évolution de ces deux séries de réactions se fait dans les mêmes conditions de vascularisation. Il semble donc bien que le système nerveux n'intervient pas d'une façon directe sur les effets des irradiations.

Le renforcement de l'intensité de la réaction et l'accélération de son évolution doivent donc être attribués, non à la section

des nerfs, mais aux modifications vasculaires et trophiques qui en résultent dans les tissus de l'oreille. L'irradiation ultra-violette produit une vaso-dilatation; cette action, particulièrement dans le cas des irradiations plus faibles, doit se manifester d'autant plus rapidement et plus fortement qu'elle sera moins entravée par un effet antagoniste vaso-constricteur. Le système nerveux, en maintenant un certain tonus vasculaire, réalise cette entrave. Au contraire, la section des nerfs supprime ce tonus. Elle favorise ainsi l'apparition de la réaction vasculaire. D'autre part, par suite de la circulation et des échanges nutritifs plus intenses, les processus de réparation deviennent plus actifs, ce qui nous explique aussi le rétablissement plus rapide du côté où les nerfs sont sectionnés.

Ces résultats concordent bien avec ceux obtenus précédemment par l'élévation de la température. Nous avons vu, en effet, que la température à laquelle l'animal est maintenu après l'irradiation, grâce à son action vaso-dilatatrice prolongée, accélère l'apparition et augmente l'intensité des réactions inflammatoires.

L'influence favorable de l'hyperhémie présente un certain intérêt au point de vue du traitement par la lumière ultra-violette des maladies cutanées comme le *lupus*. La lumière agit ici d'une part comme un agent bactéricide, d'autre part comme un agent déterminant une réaction inflammatoire plus ou moins forte.

Etant donné le fait que l'hyperhémie favorise la réaction (état inflammatoire), on devrait chercher dans la photothérapie cutanée à maintenir l'endroit irradié dans un état d'hyperhémie aussi intense que possible.

La comparaison des effets des irradiations faites avant et après la section des nerfs nous montre, en outre, que l'état des vaisseaux au moment de l'irradiation ne joue aucun rôle sensible. Que les vaisseaux soient contractés comme ils le sont avant la section des nerfs, ou qu'ils soient dilatés, comme cela a lieu après la section des nerfs, les effets restent les mêmes.

II. ACTION DES POISONS. — Les résultats obtenus plus haut ont été vérifiés par nous par la méthode des poisons.

Il y a peu de substances, à notre connaissance, qui se prêtent à cette étude; car, d'une part, pour la netteté des résultats, il

faut que leur action soit assez intense sur les parois vasculaires ou les nerfs correspondants; mais, d'autre part, il faut que la dose employée ne soit pas toxique, afin que l'animal puisse être gardé en observation pendant plusieurs heures ou même quelques jours.

Parmi les substances étudiées, nous exposerons les résultats obtenus avec la nicotine et l'adrénaline.

1. *Nicotine*.— D'après les travaux de Langley(1), la nicotine suspend, au niveau des ganglions, le passage de l'influx nerveux des fibres préganglionnaires aux fibres postganglionnaires, ce qui équivaut à une section des nerfs vasculaires. Sur les oreilles du lapin les effets vaso-dilatateurs du poison sont extrêmement nets; ils se maintiennent pendant deux ou trois quarts d'heure, après quoi les vaisseaux reviennent à leur état normal.

Grâce à l'action passagère de la nicotine on peut examiner commodément l'influence sur la réaction de la suspension de l'action du sympathique.

Pratiquement, l'étude se fait de la manière suivante : On détermine sur une oreille normale les caractères d'une irradiation, la durée du seuil, la vitesse de l'apparition de la réaction. Le lendemain, après avoir injecté six à neuf milligrammes de nicotine dans une veine marginale, on réirradie et on examine de nouveau les effets obtenus.

Dans le tableau ci-dessous nous donnons les résultats de quelques-unes de nos expériences :

Date	Nicotine par kilo du poids	Durée du seuil		Temps de réaction	
		Oreille normale	Oreille après l'injection	Oreille normale	Oreille après l'injection
10 à 12 III	8,5 mgr.	35 sec.	30 sec.	20 heures	20 heures
13 à 15 III	8 mgr.	45 sec.	60 sec.	15 heures	20 heures
15 à 18 III	6,5 mgr.	60 sec.	60 sec.	15 heures	15 heures

(1) Langley, Journ. of. Physiol. XI, 516 (1890); XIX, 136 (1895).

Ces expériences nous montrent que l'intensité de la réaction, le moment de son apparition pour les irradiations faites immédiatement après l'injection de la nicotinine sont pas modifiés.

En outre, en comparant comme pour la section mécanique les effets des irradiations de même durée, faites sur le même lapin, aussitôt avant et après l'injection de la nicotine, nous ne constatons non plus la moindre différence entre les deux séries d'irradiations.

Par conséquent :

a) la section passagère des nerfs n'a pas d'influence visible sur la réaction, ce qui confirme le résultat obtenu auparavant par la section mécanique que les nerfs n'interviennent pas directement dans la réaction ;

b) l'état des vaisseaux ne joue aucun rôle visible sur l'évolution des effets.

2. *Adrénaline*. — Cette substance produit, au contraire, une vaso-constriction très forte. Langley admet qu'elle agit directement sur les muscles lisses des vaisseaux ; cependant, d'après Brodie et Dicson, elle exciterait les terminaisons périphériques des nerfs vaso-constricteurs.

Nous avons procédé comme pour la nicotine. La dose d'adrénaline injectée est de deux gouttes d'une solution à 1 pour 1000 diluées dans un demi-centimètre cube d'eau distillée.

Il se produit aussitôt après l'injection, une très forte constriction des artères ; les veines sont plus distendues ; la circulation est interrompue pendant environ une heure après quoi elle reprend.

Date	Durée du seuil		Temps de réaction	
	L'oreille normale	L'oreille avec l'adrénaline	L'oreille normale	L'oreille avec l'adrénaline
4 1	40 sec.	60 sec.	36 heures	48 heures
7 1	40 sec.	40 sec.	24 heures	24 heures
10 1	30 sec.	40 sec.	24 à 36 heures	36 heures

De plus, la comparaison des effets des irradiations faites immédiatement avant et après l'injection, ne nous montre non plus aucune différence nette entre les deux séries d'irradiation.

Donc, il résulte de ces expériences avec l'adrénaline que l'état des vaisseaux n'influe d'aucune manière sensible sur l'efficacité des irradiations, fait tout à fait analogue à celui obtenu par la section mécanique des nerfs ou l'emploi de la nicotine.

En résumé, l'étude du rôle des nerfs dans la réaction nous amène aux résultats suivants :

a) *La réaction persiste après la section des nerfs* (section mécanique ou physiologique) ;

b) *Les effets des irradiations faites en présence du système nerveux intact ou les nerfs* (sympathique et auriculaire) *sectionnés ne présentent aucune différence sensible, si l'évolution de la réaction a lieu dans les mêmes conditions de vascularisation et de nutrition* (comparaison des irradiations avant et après la section des nerfs).

Le système nerveux, abstraction faite de cellules nerveuses éparses dans les parois vasculaires, n'intervient donc pas dans la réaction cutanée contre l'action de la lumière ultra-violette ;

c) *Les troubles vasculaires prolongés* (section mécanique des nerfs) *accélèrent et renforcent la réaction ; au contraire, les changements de courte durée* (nicotine, adrénaline) *ne produisent pas d'effets sensibles ;*

d) *L'état des vaisseaux au moment de l'irradiation ne joue aucun rôle visible sur l'efficacité des rayons ultra-violets.*

Le fait que les changements passagers dans la vascularisation ne retentissent pas sur l'intensité de la réaction, semble montrer que les processus de diffusion n'interviennent pas dans la réaction ; s'ils existaient, ils devraient être facilités par les échanges nutritifs plus actifs pendant l'hyperhémie. On en n'observe aucune influence ; il est donc probable que la lumière agit directement sur les parois vasculaires, résultat auquel nous étions déjà arrivé à propos de l'étude de l'influence de la température.

Influence du pigment.

Unna (1), en 1885, a émis l'opinion que la pigmentation doit être considérée comme un processus utile pour l'organisme en tant que les matières colorantes empêchent les rayons plus réfringibles de pénétrer profondément et protègent ainsi la peau contre l'action nuisible de ces radiations. La peau noire présente, au plus haut degré, cette propriété.

Les expériences classiques de Finsen apportaient l'appui expérimental à cette hypothèse. Afin d'imiter la couleur des nègres, il noircit à l'encre de Chine, une région de son avant-bras qu'il expose ensuite pendant trois heures à l'action d'un soleil ardent. Après avoir enlevé la couleur, il constate qu'au-dessous la peau reste parfaitement normale, tandis que tout autour l'érythème caractéristique se produit. Il expose alors de nouveau le bras au soleil, mais cette fois sans le noircir. Le résultat est tout à fait contraire : la peau blanche devient le siège de l'érythème ; les parties latérales ne sont pas atteintes en apparence. Finsen conclut de ces expériences que le pigment joue le rôle de défense contre l'action des rayons ultra-violet.

C'est un fait bien acquis aujourd'hui, grâce aux travaux histologiques très précis de Meirowsky (2), que les radiations ultra-violettes déterminent l'apparition du pigment dans la peau : le pigment ainsi formé pourra protéger les couches profondes contre l'action des radiations nuisibles. Mais à côté du pigment, il y a encore l'épaississement des couches de l'épiderme (Leredde et Pautrier, Möller, Zieler, Jansen et autres), et ce fait peut intervenir aussi dans la protection des couches plus profondes contre l'action de la lumière. Chez les lapins albinos, ce dernier facteur doit même intervenir seul, car chez ces animaux l'étude histologique (Möller, Jansen) ne montre pas la production du pigment : et, néanmoins, nous constatons dans trois cas que l'endroit irradié depuis quinze à vingt jours pendant cinq à dix minutes, présente la durée du seuil deux à trois fois plus grande, qu'en un endroit voisin non exposé.

(1) Unna. *Monatsh f. prakt. Dermatol.*, t. IV, p. 277, 1885.

(2) Meirowsky. *Monatsh. f. prakt. Dermatol.*, t. XLIII, p. 155, 1906.

Pour étudier l'influence du pigment sur l'efficacité des irradiations nous avons comparé la durée du seuil chez les albinos et les lapins noirs.

Voici quelques exemples :

4/VI. — lapin noir n° 1, oreille gauche, durée du seuil	60 sec.
— — — droite	70 —
6/VI. — lapin noir n° 2, oreille gauche	50 —
— — — droite	60 —
15/VI. — lapin noir n° 3, oreille droite	60 —

Nous avons vu précédemment que la durée du seuil pour les oreilles blanches (partie inférieure) se trouve au voisinage de 30 sec. ; pour les oreilles noires, d'après les expériences citées, elle est environ de 60 secondes. Si on tient compte de ce fait que sur les lapins noirs la détermination du seuil est plus difficile par suite de la coloration foncée, on arrive à la conclusion que chez les lapins le pigment naturel protège relativement peu la peau contre l'action nuisible de la lumière.

On manque d'études comparatives sur la peau humaine blanche et noire. Néanmoins, c'est un fait bien connu que les nègres sont beaucoup moins assujettis au coup de soleil que les blancs. La peau humaine noire paraît beaucoup mieux protéger contre l'action nuisible de la lumière ultra-violetle que la peau noire des lapins.

L'efficacité plus grande du pigment chez l'homme que chez le lapin s'explique par les différences histologiques ; en effet, tandis que chez le dernier, l'épiderme où s'amasse la majeure partie du pigment compte à peine quelques couches de cellules, — chez l'homme, ce tissu atteint 0,1 mm. et même plus. On comprend dans ces conditions que le pigment formant, un écran plus opaque, puisse mieux protéger les tissus sous-jacents.

Action chimique de la lumière ultra violette sur les tissus cutanés

L'état actuel de nos connaissances sur la constitution du protoplasma ne nous permet pas d'envisager les processus photo-chimiques qui se passent à l'intérieur de la cellule sous l'influence

de la lumière ; cependant, sur les bactéries, grâce aux travaux de Bie, Jodlbauer et Tappeiner, M. et Mme V. Henri, on a réussi à déterminer une série de caractères fort intéressants de cette action.

Certains auteurs comme Richardson, Dieudonné (1) ont admis que l'action bactéricide de la lumière n'est pas causée par l'action directe, mais par l'intermédiaire des substances toxiques — particulièrement eau oxygénée — qui ont pris naissance dans le milieu sous l'influence des radiations ultra-violettes.

Mais Bie (2) a montré ensuite que dans l'eau distillée ou dans des solutions salines la quantité d'eau oxygénée qui se forme au bout d'irradiations mortelles est extrêmement minime et qu'elle ne suffit pas pour tuer les microbes. De plus il trouva que pour les radiations u.-v. l'action est aussi rapide dans une atmosphère d'hydrogène qu'en présence de l'oxygène de l'air. L'auteur en conclut que l'action de la lumière ultra-violette sur les bactéries est une action directe sur le corps microbien dans laquelle n'intervient ni l'oxygène, ni l'eau oxygénée. D'une part Jodlbauer et Tappeiner (3), d'autre part M. et Mme V. Henri (4) sont arrivés aux mêmes résultats. Ces derniers auteurs ont montré en outre par des procédés microchimiques que les rayons ultra-violets produisent en effet des réactions chimiques intra-cellulaires (changements d'affinité pour les couleurs, perte d'acido-résistance, etc).

Sur les tissus cutanés l'étude histologique a bien montré les altérations morphologiques sous l'influence de la lumière ultra-violette ; mais on n'avait aucune idée sur la nature chimique des processus. Nous avons cherché à combler cette lacune. Nous nous sommes adressé dans ce but aux corps qui changent de coloration suivant l'oxydation ou la réduction du corps. L'observation macroscopique permet ainsi de déterminer la nature du processus. Les leucobases présentent la particularité qu'en

(1) Dieudonné : Arb. aus d. Kais. Gez., 1894.

(2) V. Bie. V. Mitteilungen aus Finsen's Lichtinst., IX, 1905.

(3) v. Tappeiner et Jodlbauer. Die sensibilisierende Wirkung fluoresc. Subst. Leipzig, Vogel, p. 210, 1907.

— v. Tappeiner, Die photodyn. Erscheinungen. *Ergeb. d. Physiol.* 8, 698-742, 1909.

(4) M. et Mme V. Henry, l. c.

présence de l'oxygène elles forment des matières colorantes; par le processus de réduction, la coloration disparaît. Dans certains cas, la lumière active très fortement l'apparition de la coloration, c'est-à-dire les processus d'oxydation.

L'étude a été faite surtout avec deux corps : la leucofuchsine et le bleu de méthylène.

LEUCOFUCHSINE. — C'est un corps qui, en présence de l'oxygène et sous l'influence de la lumière, prend une belle coloration rouge. Les radiations ultra-violettes extrêmes sont particulièrement actives dans la formation de la matière colorante.

Un inconvénient physiologique de cette substance est qu'elle n'est soluble que dans les solutions légèrement acides. Cette acidité détermine parfois à la suite des injections intra-veineuses de légères inflammations. Les injections sont faites dans une veine marginale de l'oreille. Les essais préalables ont montré que l'animal supporte assez bien les doses de 1 à 1,5 cc. de la solution à 1 0/0. Aussitôt après l'injection on expose l'oreille à la lumière. Une partie des irradiations est faite à travers le verre (1 m/m d'épaisseur).

Expérience 19/II. — Après vingt minutes d'irradiation :

A travers le quartz — coloration rouge faible ;
— le verre — rien.

Expérience 27 II. — Après quatre-vingt-dix minutes d'irradiation :

A travers le quartz — coloration rouge très faible :
— verre — — douteuse.

Expérience 27/II. — Après quarante-cinq minutes d'irradiation :

A travers le quartz — coloration rouge intense :
— le verre — — faible.

Donc au bout de vingt minutes d'exposition les endroits irradiés à travers le quartz présentent une coloration rose bien visible, qui augmente ensuite. Par contre, les irradiations à travers le verre ne provoquent presque aucun changement au bout du même temps ; de même les endroits protégés par le carton noir restent complètement normaux.

Ces expériences nous montrent la possibilité, sous l'influence

de la lumière, des processus d'oxydation au niveau des vaisseaux.

Les expériences avec le bleu de méthylène vont nous renseigner sur l'existence de ces processus d'oxydation.

Le bleu de méthylène se décolore par réduction. La lumière n'a aucune action sur le phénomène.

Le procédé technique est ici le même que dans le cas de la leucofuchsine. Les doses injectées sont de 1 à 2 cmc. d'une solution de bleu de méthylène de 0,25 à 0,1 0/0.

Expérience 7/II. — Après soixante minutes d'irradiation :

A travers le quartz — décoloration presque complète ;
— le verre — — faible.

Expérience 13/II. — Après trente minutes d'irradiation :

A travers le quartz — décoloration presque complète ;
— le verre — — à peine.

Expérience 16/II. — Après vingt minutes d'irradiation :

A travers le quartz — décoloration presque complète ;
— le verre — — aucune.

D'après ces expériences le bleu de méthylène se décolore dans les tissus de l'oreille à la suite de l'irradiation ultra-violette. Cette décoloration étant due à la réduction de la substance nous montre ainsi *l'augmentation des processus d'oxydation dans les tissus sous l'influence de la lumière ultra violette*. En outre, étant donné la vitesse de la décoloration (20 à 40 minutes) on ne peut pas l'attribuer aux phénomènes inflammatoires ultérieurs, mais bien à l'action primaire de la lumière sur les tissus.

Mécanisme de l'action de la lumière ultra-violette sur la peau

Certains auteurs comme Finsen, Dreyer, Jansen ont admis que l'action de la lumière porte directement sur les parois vasculaires. Cependant, leurs raisons sont loin de prouver cette assertion. Il faut avouer que le problème est complexe et très délicat à résoudre. Il comporte deux questions : le rôle du système nerveux d'une part, d'autre part la détermination si la réaction vasculaire est une action directe ou indirecte de la lumière

L'efficacité des irradiations après la section des nerfs sympathique et auriculaire prouve d'une manière indubitable que la réaction n'est pas de nature réflexe. Mais peut-on en conclure que la réaction se passe en dehors de tout élément nerveux ? Dans les parois vasculaires il existe des cellules nerveuses éparses que nous ne pouvons pas mettre hors de cause. Cependant il faut remarquer que ces cellules sont assez rares ; leur intervention effective dans les phénomènes vaso-moteurs n'a jamais été observée ; de plus, dans les parois capillaires, elles sont presque complètement défaut et pourtant dans les observations microscopiques de la langue de grenouille, par exemple, c'est sur le réseau capillaire que se manifestent les premiers effets d'irradiation. Il résulte de l'ensemble de ces considérations que *le système nerveux n'intervient pas dans la réaction.*

Mais pour la compréhension du mécanisme physiologique de l'action de la lumière ultra-violette sur la peau, il reste à savoir si les effets vasculaires constatés à l'examen macroscopique sont des effets de l'action directe de la lumière sur les éléments vasculaires, ou, au contraire, se produisent à la suite de l'action des substances formées ailleurs sous l'influence de la lumière.

Les très nombreux travaux histologiques nous fournissent très peu de données sur ce sujet. Néanmoins, il est intéressant de constater que les auteurs comme Jansen, Zieler et d'autres, à l'examen microscopique pratiqué immédiatement après l'irradiation (de une heure), trouvent d'abord des altérations dans les tissus endothélial et épithélial.

Il se dégage aussi de notre étude un ensemble d'indications qui nous font admettre l'action directe de la lumière sur les parois vasculaires :

1° L'étude de la perméabilité de la lumière à travers les tissus cutanés nous a bien montré que les radiations ultra violettes actives atteignent le niveau des vaisseaux sanguins ;

2° L'absence d'influence de la durée de l'intervalle dans les irradiations intermittentes semble indiquer l'absence de processus de diffusion ; et, par conséquent, du même coup montrer l'action directe de la lumière ;

3° L'étude de la température et de l'influence des nerfs nous conduit au même résultat : l'hyperhémie passagère déterminée soit par la température plus élevée au moment et quelque temps

après l'irradiation, soit par la section passagère des nerfs, devrait, en facilitant les échanges nutritifs, favoriser l'apparition et l'intensité de la réaction. On n'en observe aucune influence ;

4° La localisation extrêmement précis de la réaction (fig. V) rend peu probable la diffusion des substances actives.

La lumière ultra-violette semble donc agir directement sur les parois vasculaires et non par l'intermédiaire des substances actives formées ailleurs.

MÉCANISME PHYSICO-CHIMIQUE DE L'ACTION DE LA LUMIÈRE ULTRA-VIOLETTE. — Signalons d'abord deux caractères de l'action de la lumière. Quand on irradie la langue de grenouille pendant une à trois minutes, on n'observe sur le tissu épithélial presque aucune réaction microscopique immédiate, sauf suspension de mouvement des cils. Quelques heures plus tard on constate des altérations morphologiques profondes. D'autre part, par les irradiations intermittentes sur l'oreille de lapin, nous avons pu démontrer la longue persistance des effets des irradiations même très courtes. On voit ainsi qu'au moins sur certains tissus l'action de la lumière s'exerce lentement et persiste ensuite très longtemps.

Au point de vue chimique, nous avons vu que l'action de la lumière ultra-violette détermine l'augmentation des processus d'oxydation dans les tissus cutanés. Il serait intéressant de pouvoir préciser davantage la nature de la réaction au point de vue physico-chimique.

Sur les tissus épithéliaux de la langue de grenouille les processus de coagulation sont très manifestes, même à la suite des irradiations très courtes ; une minute. Dreyer et O. Hansen (1) constatent l'action coagulante des rayons ultra-violets sur l'albumine d'œuf, celui de serum sanguin, globuline, etc. Même effet de la lumière a été retrouvé à l'examen ultra-microscopique par M. et Mme Henri sur les paramécies, globules blancs dont le protoplasma, après l'exposition aux rayons, devient granuleux, brillant.

Les lipoides d'après les mêmes auteurs semblent être atteints aussi profondément. De nombreux microbes perdent, après

(1) Dreyer et O. Hansen : C. R. Ac. des Sc.

l'irradiation, la propriété de fixer le réactif de Gram. Cette réaction étant liée probablement à la présence de lipoides à acides gras non saturés, il résulterait de ces expériences que les rayons ultra-violets produisent sur ces corps l'action d'oxydation ou d'autres réactions qui saturent les valences libres.

Enfin, d'après les expériences de Bierry, V. Henri et Ranc (1) la lumière ultra-violette agit aussi sur les hydrates de carbone.

Les principaux constituants du protoplasma cellulaire sont ainsi atteints par la lumière. Il est probable que des réactions de même nature se passent dans certaines cellules de tissus de l'oreille. Et comme ces réactions ne sont pas reversibles, les éléments atteints par l'action des rayons ultra-violets doivent être éliminés, ce qui nous explique la longue persistance des effets des irradiations que nous avons constatée à propos de l'étude des irradiations intermittentes.

Ainsi, sous l'influence de la lumière, les tissus vasculaires doivent subir des modifications chimiques, des coagulations, des destructions partielles qui produisent à la suite le relâchement des vaisseaux et tous les phénomènes consécutifs de la vaso-dilatation prolongée.

(1) Bierry, V. Henri, Ranc. C. R. Ac. des Sc., Juillet 1940

DEUXIÈME PARTIE

Action des rayons ultra-violets sur la langue de grenouille

Les deux objets examinés précédemment, l'oreille de lapin et la peau humaine, présentent pour l'étude de l'action des rayons ultra-violets l'inconvénient commun : l'épaisseur assez sensible de l'épiderme. Ce tissu, comme un écran plus ou moins opaque, masque l'observation des effets vasculaires plus fins, et, d'autre part, leur présence complique l'analyse du phénomène. Pour combler certaines lacunes résultant de ce fait nous nous sommes adressé à d'autres objets et plus particulièrement à des têtards et certaines membranes comme la membrane interdigitale de grenouille et surtout sa langue.

Ce dernier cas est particulièrement commode pour l'étude de la réaction ; grâce à la transparence du tissu on peut suivre de très près et sur le vivant l'évolution entière de la réaction. Cette étude nous permet, outre la comparaison de l'action de la lumière ultra-violette sur les différents tissus, de préciser encore l'analyse de certains phénomènes de la réaction.

Technique

TECHNIQUE. — La technique est sensiblement pareille à celle que nous avons décrite à propos de l'étude sur l'oreille du lapin.

Une lampe au mercure en quartz du type de Westinghouse Cooper Hewitt, montée sur un courant de 110 volts et marchant au régime de 75 volts et 3,4 ampères, nous sert comme source des rayons ultra-violets. La lampe est enfermée dans une boîte en carton noir qui porte une large ouverture, contre laquelle

est appliquée une cuve en quartz, remplie d'eau distillée. La couche d'eau est de un centimètre d'épaisseur. Pour certaines expériences en lumière monochromatique nous avons employé l'installation décrite p. 39.

La grenouille, presque toujours *Rana esculenta*, de taille moyenne, est immobilisée sur une planchette de liège dans laquelle est pratiquée un orifice assez gros au-dessus duquel la langue est tirée en dehors et fixée par des épingles.

Le corps de l'animal et une moitié de la langue sont protégés contre la lumière par du carton noir ou une lame de verre épaisse de un millimètre.

Au bout de une à trois heures de repos, lorsque la vaso-dilatation provoquée par l'irritation opératoire a diminué, on expose une moitié de la langue à l'action de la lumière, à dix centimètres de distance de la lampe et autant que possible normalement à la direction des rayons.

La température à l'endroit irradié ne s'élève pas de 3 à 5 degrés au-dessus de la température ambiante.

Description des effets microscopiques

Avant de passer à l'examen microscopique plus détaillé nous exposerons d'abord très brièvement la marche de la réaction observée à la loupe.

EFFETS OBSERVÉS A LA LOUPE. — La réaction porte d'abord sur le réseau vasculaire très fin. Déjà au bout de 1 à 1,5 minutes d'irradiation les petits vaisseaux superficiels à peine visibles au début apparaissent plus distinctement. L'effet s'accroît et au bout de trois à cinq minutes devient très net. En même temps les vaisseaux plus gros commencent à s'élargir. Bientôt après (dix à quinze minutes) l'hyperhémie devient très forte ; elle atteint à ce moment son maximum. La vaso dilatation peut dépasser deux et trois fois l'état normal des vaisseaux.

Si on continue l'irradiation, on constate qu'au bout de trente minutes environ les petits vaisseaux superficiels très dilatés, et qui formaient auparavant un réseau continu, commencent à se désagréger par placés : des tubes plus ou moins courts, épais,

rouges apparaissent à la surface ; le nombre des petits vaisseaux diminue. Une légère tuméfaction de la langue se fait sentir.

La thrombose s'étend de plus en plus. Au bout de deux à quatre heures d'exposition presque tous les vaisseaux en sont atteints. Au contraire, le côté recouvert garde son aspect normal.

L'état microscopique nous permettra d'examiner avec plus de détails l'action des radiations ultra-violettes sur la langue ; néanmoins, déjà cette observation rapide à la loupe nous montre que, sur la langue, la réaction vasculaire apparaît beaucoup plus vite que sur l'oreille du lapin.

EFFETS MICROSCOPIQUES. — Au microscope on voit apparaître la réaction plus tôt qu'avec la loupe. Déjà au bout de quinze à vingt secondes d'irradiation (fig. VI-VII) on constate une accélération de la circulation dans les petits vaisseaux superficiels, un renforcement de la colonne sanguine très grêle auparavant, enfin une légère distension de ces vaisseaux. L'action de la lumière qui n'intéresse d'abord que le réseau vasculaire tout à fait superficiel s'étend ensuite aux petits vaisseaux plus profonds et même aux artérioles et veinules plus grosses, de telle sorte qu'au bout de une à une minute et demi d'exposition l'hyperhémie devient très manifeste ; au bout de cinq minutes elle est très forte.

De nombreux vaisseaux à peine visibles au début deviennent maintenant très apparents ; la circulation, très faible avant l'irradiation, fait maintenant au microscope l'impression d'un vrai torrent. Ces effets sont particulièrement frappants par comparaison avec le côté préservé où l'on n'observe presque aucun changement.

L'action de la lumière ne se limite pas aux petits vaisseaux ; déjà au bout de huit minutes on constate une dilatation sensible des artérioles et des veinules plus grosses. Plus tard ces phénomènes deviennent plus nets encore.

Le maximum d'hyperhémie est atteint au bout de quinze minutes environ d'irradiation (fig. VIII). La dilatation des vaisseaux peut dépasser deux et quatre fois son état normal.

Mais, bientôt après, on observe un ralentissement de la circulation dans le réseau superficiel ; par place il se produit même des arrêts complets. Si on interrompt à ce moment l'irradiation,

la circulation reprend aussitôt très activement. Mais si l'irradiation continue, la tase s'accroît ; certains vaisseaux se vident et disparaissent complètement ; dans d'autres, le contenu se ramasse, devient de plus en plus compact et forme même des tubes rouges. Cette thrombose s'étend ; au bout de trente à quarante minutes, tout le réseau superficiel en est atteint. On observe une légère tuméfaction de la langue ; mais au grossissement très fort on ne constate aucune émigration leucocytaire ; la tuméfaction de la langue doit être ainsi attribuée à l'infiltration séreuse.

Quelques rares cellules pigmentaires à la surface de la langue présentent souvent un changement visible : élargissement, ramification abondante. Cet effet de la lumière est particulièrement bien visible sur la membrane interdigitale de la grenouille ; les corpuscules pigmentaires, petits et arrondis au début, deviennent au bout d'une heure d'irradiation beaucoup plus étendus et de contours beaucoup plus réguliers. La thrombose augmente : au bout de une heure à une heure et demie elle envahit les veinules et artérioles plus grosses (fig. IX) ; au bout de trois heures même les gros vaisseaux latéraux en sont atteints au moins à la périphérie.

Malgré la thrombose assez complète à la surface de la langue, les vaisseaux même assez petits, mais plus profonds conservent la circulation. Si on examine la langue du côté opposé de la même moitié on constate que les petits vaisseaux ne sont nullement influencés, sauf à l'extrémité de la langue où par suite de la minceur de la membrane, des vaisseaux peuvent être dilatés ou même thrombosés. Ce fait est important : il confirme la très faible pénétrabilité des radiations ultra-violettes à travers les tissus, fait que nous avons constaté déjà sur l'oreille du lapin.

A côté du caractère très superficiel de l'action de la lumière on en constate un autre : la localisation très nette de la réaction. En irradiant des surfaces très restreintes de quelques millimètres carrés on trouve que la réaction est strictement limitée à la région exposée. Ce fait peut être considéré comme indication de l'action locale directe de la lumière, car si les processus de diffusion intervenaient, les substances actives pourraient agir à une distance plus grande en y déterminant des effets vasculaires.

Outre les phénomènes vasculaires qui sont très frappants et relativement faciles à observer, on constate encore d'autres effets, qui, quoique moins visibles, sont moins importants et qui étaient restés jusqu'ici complètement inaperçus.

Quand on examine la langue très attentivement à un fort grossissement (150 fois) après une irradiation de quinze minutes environ on constate que certaines fibres musculaires superficielles manifestent une striation transverse très fine qu'elles ne présentaient pas auparavant; d'autres peuvent être même complètement morcelées.

Le tissu épithélial présente des altérations plus profondes; on constate la cessation de tout mouvement de cils vibratils; le noyau, à peine distinct dans les conditions normales, apparaît plus nettement délimité avec un ou plusieurs nucléoles très manifestes; le protoplasma devient plus transparent, grossièrement granuleux, souvent localisé; parfois, au contraire, la cellule ne présente qu'un grand nombre de vacuoles.

Ces altérations assez difficiles à observer aussitôt après l'irradiation deviennent beaucoup plus manifestes quelques heures ou même le lendemain de l'irradiation. Des irradiations beaucoup plus courtes; de trois minutes pour les tissus musculaires, de une minute pour les éléments épithéliaux suffisent pour constater, le lendemain, les altérations.

La lumière a encore une action destructive sur les globules rouges en dehors de l'organisme; déjà à la suite des irradiations très courtes, au-dessous de une minute, on observe une contraction sensible du corpuscule entier, une apparition très nette des contours du noyau, une désorganisation du contenu du globule.

Cet examen a été fait par l'observation directe sans recourir aux procédés de coloration. Il nous montre l'action profonde et très générale de la lumière sur les tissus de l'organisme.

Signalons enfin l'action de la lumière ultra-violette sur d'autres objets étudiés:

Sur la membrane interdigitale de la grenouille, la marche de la réaction se présente d'une manière tout à fait analogue; mais par suite de l'épaisseur plus petite de la membrane, les effets de destruction ne se limitent pas au côté irradié, mais s'observent aussi très nettement du côté opposé. L'action sur le pigment est

particulièrement visible : les cellules chromatophores deviennent plus larges, fortement digitées.

Après une irradiation très prolongée elles peuvent, au contraire, se contracter. Il arrive parfois que l'action de la lumière n'a aucune action visible sur le pigment.

Sur la queue du têtard, l'irradiation de quelques minutes (cinq à dix), produit des altérations très visibles (coagulation) suivies généralement de la chute de la partie irradiée.

Jusqu'à présent nous avons considéré la réaction au cours de l'irradiation continue. Il est intéressant d'étudier maintenant la marche des processus de rétablissement.

Nous avons vu précédemment qu'au bout de dix minutes d'irradiation sur la langue de la grenouille, la vaso-dilatation est très forte ; elle intéresse aussi bien les petits vaisseaux que les vaisseaux plus gros (veines et artères latérales). Aussitôt après la fin de l'irradiation il ne se produit aucun changement sensible sauf une légère infiltration séreuse qui augmente ensuite, et une légère diminution de la vaso-dilatation.

Quelques heures plus tard, et mieux encore le lendemain, on observe l'action profonde de la lumière. Déjà, à première vue, on remarque une hyperhémie très nette, une tuméfaction et souvent un affaiblissement de la transparence du côté irradié. Au microscope on constate la dilatation très manifeste de tous les vaisseaux, la circulation extrêmement active, la thrombose d'un grand nombre de petits vaisseaux superficiels et l'infiltration leucocytaire. Les leucocytes, souvent colorés en jaune-rose, se trouvent surtout au voisinage des vaisseaux thrombosés.

Quelle est l'origine de ces corpuscules ? Dreyer et Jansen admettent l'immigration des globules blancs des vaisseaux plus profonds non thrombosés. Nous croyons, au contraire, qu'ils proviennent surtout des vaisseaux thrombosés eux-mêmes. On trouve des globules blancs qui, rétrécis au milieu, plongent d'un côté dans les vaisseaux thrombosés, de l'autre dans les tissus environnants ; on en trouve d'autres au voisinage des vaisseaux qui sont très étirés, du côté de ces vaisseaux. Il est peu probable que ces globules blancs arrivent à pénétrer à l'intérieur des vaisseaux thrombosés dont le contenu est très compact, il est plus probable que grâce au mouvement propre et sous la pression du

contenu, les leucocytes s'en échappent après avoir absorbé quelques débris de globules rouges comme leur coloration jaune rose l'indique.

L'action sur les fibres musculaires est très manifeste. A côté de l'apparition de la striation sur certaines fibres, on constate le morcellement de certaines autres ; les fragments séparés présentent des contours irréguliers et le contenu complètement désorganisé.

Sur le tissu épithélial on observe des phénomènes de destruction décrits auparavant.

Tous ces tissus dégénérés forment à la surface une masse de débris qui empêche souvent l'observation plus détaillée.

Deux à trois jours après l'irradiation des processus de rétablissement se manifestent.

Dans certains vaisseaux thrombosés la circulation a recommencé ; dans d'autres le contenu est moins compact. Les uns et les autres sont entourés d'une quantité de leucocytes colorés en jaune-rose. A la surface de la langue persiste une masse d'éléments musculaires et épithéliaux dégénérés.

Cinq à sept jours après l'irradiation, l'infiltration leucocytaire semble augmenter encore ; mais la résorption du contenu des vaisseaux est plus avancée, la circulation a repris dans la plupart des vaisseaux. On constate, en outre, la reconstitution d'un épithélium nouveau à la surface de la langue. L'amélioration est ainsi très manifeste, mais le rétablissement est loin d'être complet.

Même au bout de deux, trois et quatre semaines après l'irradiation on constate encore une dilatation des vaisseaux très nette, une circulation très accélérée — phénomènes particulièrement frappants par comparaison avec le côté non irradié. Sous l'action d'une certaine irritation, la thrombose reenvahit les vaisseaux superficiels, ce qui n'arrive jamais du côté opposé. Ces effets nous montrent la persistance très longue des altérations vasculaires. Signalons enfin que les muscles superficiels bien visibles pendant les premiers jours de la réaction deviennent ensuite moins distincts, ce qui empêche même de suivre la marche de la réaction.

En résumé, nous voyons que la lumière ultra-violette produit :
une dilatation des vaisseaux superficiels ; puis la thrombose de ces vais-

seaux et l'infiltration séreuse. L'infiltration leucocytaire apparaît plus tard; en même temps commence la résorption des vaisseaux thrombosés; elle dure environ une semaine.

La dilatation des vaisseaux persiste des semaines entières après l'irradiation; des thromboses passagères se produisent à chaque irritation plus forte

L'action de la lumière ultra-violette produit des altérations plus ou moins profondes sur le tissu musculaire et sur le tissu épithélial. Elle est destructive presque dès le début.

Étude des radiations actives

L'étude des radiations actives sur les tissus de l'oreille de lapin nous a permis entre autres de pénétrer le phénomène énergétique du coup de soleil. Cependant par suite de la disposition profonde des vaisseaux sanguins, il est difficile d'approfondir l'étude physico-chimique de la réaction. La langue de grenouille, grâce à la disposition beaucoup plus superficielle des éléments vasculaires, se prête mieux à cette étude.

Pour déterminer les radiations actives nous nous sommes adressé d'abord à la méthode des écrans (quartz, viscose, acétate de cellulose, verre). Mais les résultats obtenus étant peu significatifs, nous avons eu recours à la méthode des irradiations monochromatiques. Le mode de production de ces radiations et les mesures de l'énergie des raies ont été décrits à propos des recherches analogues sur l'oreille du lapin (voir page 39). Pour chaque longueur d'onde nous pratiquons l'irradiation en quatre points différents de la langue de la grenouille. Ces expériences répétées un grand nombre de fois ont donné les résultats suivants. (Voir le tableau page 86).

On voit que :

a) toutes les radiations comprises entre 3300-2800 unités d'Angström sont actives ;

b) les quantités d'énergie correspondant au seuil varient avec la longueur d'onde : ainsi de 3300 à 2800 cette quantité d'énergie diminue; pour $\lambda = 2800$, l'énergie passe par un minimum égal à

0,00094.10⁷ ergs par cm² ; pour les longueurs d'onde plus petites l'énergie augmente et atteint un maximum au voisinage de $\lambda = 2500$; pour les radiations plus courtes encore la quantité d'énergie diminue de nouveau.

Date	Elec- trodes	λ	Energie en ergs cm ² : sec.	Durée d'irrad. en sec.	Efficacité	Durée moyenne du seuil	Nombre d'expé- riences	Energie en ergs cor- respondant au seuil (moyenne)
5/VI	Cd	2300	1610	5 8 5 7	— + faible — + faible	7 sec.	12	0,0012.10 ⁷
6/VI	Zn	2508 2558	840	15 25 20 30	— + tr. faib. — + faible	25 sec.	40	0,002.10 ⁷
19/VI	Cd	2749	480	6 10 5 8	— + — + tr. faib.	10 sec.	12	0,001.10 ⁷
4/VI	Mg	2800	4690	1 2 1,5 2	— + faib'e — + faible	2 sec.	8	0,00094.10 ⁷
22/V	Hg	2967 3021	420	60 120 60 90	— + + faible +	60 sec.	12	0,0025.10 ⁷
16/VI	Al	3082 3092	630	30 45 45 60	— — + tr. faib. +	30 sec.	7	0,003.10 ⁷
16/VI	Zn	3300	840	30 60 45 60	— + faible + à peine — faible	60 sec.	6	0,005.10 ⁷

Par rapport aux mêmes résultats obtenus sur la peau de lapin deux différences se dégagent : d'abord les radiations de $\lambda > 3100$ et de $\lambda < 2750$ qui étaient inefficaces sont actives sur la langue de la grenouille ; ensuite les quantités liminaires d'énergie des

raies correspondantes sont sensiblement plus petites dans le cas de la langue de la grenouille. Cette différence s'explique d'ailleurs facilement par la présence à la surface de l'oreille des couches de l'épiderme qui doivent absorber complètement les radiations ultra-violettes extrêmes et affaiblir les radiations de longueur d'onde plus grande avant qu'elles puissent atteindre les éléments vasculaires.

Il est intéressant de comparer ces résultats avec les résultats obtenus par M. et Mme V. Henri et M. Faure-Frémiet (1) pour les microorganismes et les œufs d'ascaris.

L'énergie correspondant à un effet bactéricide est pour $\lambda = 2800$ égale à $0,002 \cdot 10^7$ ergs par centimètre carré ; pour arrêter le développement des œufs d'ascaris par les mêmes rayons il faut $0,001 \cdot 10^7$ ergs par centimètre carré. Ce sont donc des quantités d'énergie beaucoup plus faibles que celles que nous trouvons pour l'action sur les tissus de l'oreille du lapin ; mais du même ordre que celles qui correspondent à la langue de la grenouille.

La disposition très superficielle des vaisseaux sur la langue nous a permis de préciser l'action de la lumière en comparant l'activité des différents rayons avec leur absorbabilité par le protoplasma.

M. et Mme V. Henri avec R. Wurmser ont déterminé le coefficient d'extinction (ϵ) du blanc d'œuf non dilué sous une épaisseur de un centimètre. La signification physique de ce coefficient est que pour une épaisseur égale à $1/\epsilon$ centimètre, les rayons correspondants sont absorbés dans la proportion de 9/10. En admettant que la couche des tissus épithéliaux recouvrant la langue est égale à 0,01 millimètre (dans le cas de l'oreille l'épaisseur de l'épiderme ne dépasse pas 0,1 millimètre) on peut à l'aide de la formule connue $I_0 = I \cdot 10^{\epsilon d}$ (2) calculer l'absorption des différents rayons par une couche de 0,001 centimètre.

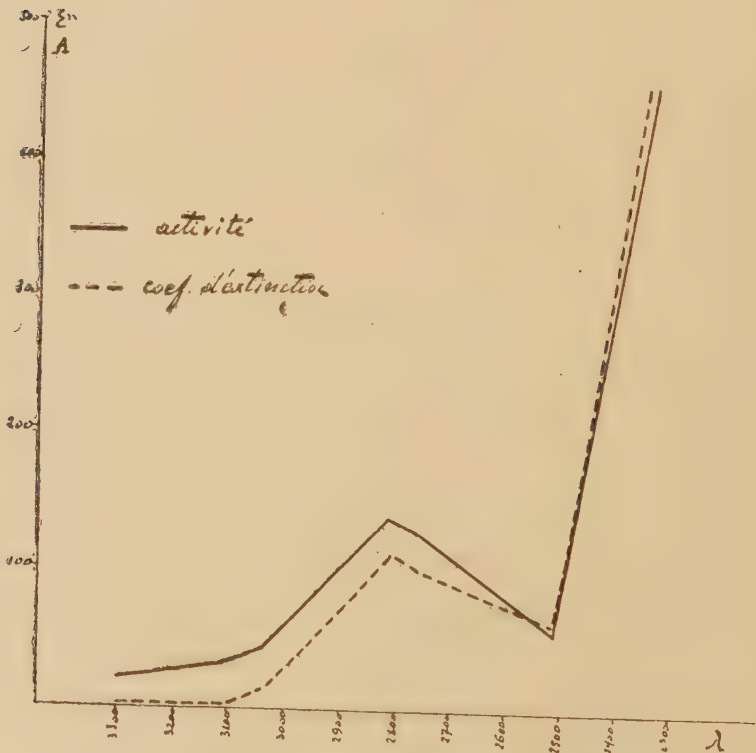
Ainsi, par exemple, pour la raie $\lambda = 2800$ $\epsilon = 1g \frac{I_0}{I} = 110$ pour une épaisseur de un centimètre, et sera égal à 0,110 pour une couche de 0,001 centimètre ; d'où $\frac{I_0}{I} = 1,289$. Connaissant l'ab-

(1) Faure-Frémiet. C. R. de Sc., t. CLVII, p. 145, 1913.

(2) I_0 est l'énergie incidente et I l'énergie qui passe à travers une couche d'épaisseur égale d'un centimètre.

sorption de la couche on peut calculer l'énergie absorbée en pour cent et en ergs. Du même coup nous saurons la quantité d'énergie transmise à travers la couche épithéliale, c'est-à-dire l'énergie qui agit en fait sur les vaisseaux. Il suffit alors de prendre l'inverse de ces quantités d'énergie pour représenter l'activité des différents rayons et la comparer avec l'absorption du blanc d'œuf pris comme prototype du protoplasma.

La courbe ci-dessous résume les résultats des expériences que nous donnons à la page suivante.



λ	Energie incidente correspondant au seuil	Energ pour une couche égale à 0,001 cm.	Proportion d'En. transmise à travers cette couche	Energie en ergs. transmise jusqu'au niv. des vaisseaux	Activité
2300	0,0012. $10^{-7} \frac{\text{ergs}}{\text{cm}^2}$	0,560	47,5 %	0,0002 $\cdot 10^{-7} \frac{\text{ergs}}{\text{cm}^2}$	500
2500	0,0021. »	0,060	87	0,0018 $\cdot 10^{-7}$ —	55
2749	0,00098 »	0,100	79,4	0,00078 $\cdot 10^{-7}$ —	127
2800	0,00094 »	0,110	77,6	0,00073 $\cdot 10^{-7}$ —	137
3021	0,0025 »	0,014	96,8	0,0024 $\cdot 10^{-7}$ —	41,7
3090	0,003 »	0,0027	99,4	0,0031 $\cdot 10^{-7}$ —	32
3300	0,005 »	0,001	99,7	0,005 $\cdot 10^{-7}$ —	20

Nous constatons ainsi un parallélisme remarquable entre l'absorption des différents rayons ultra-violets par le protoplasma et l'activité de ces mêmes rayons. Cette conclusion est importante, elle nous montre *que l'action des rayons ultra-violets sur les tissus même très complexes se produit suivant la loi quantitative d'absorption photochimique* comme cela a été démontré pour la plupart des réactions photochimiques.

CONCLUSIONS

L'étude de l'action de la lumière ultra-violette sur les tissus d'animaux supérieurs nous conduit aux résultats suivants :

Sur la peau de l'oreille du lapin

1° La lumière ultra-violette produit au bout de quelques heures une vaso-dilatation locale qui présente ensuite tous les caractères d'une inflammation calorifique typique : rougeur, tuméfaction, élévation de la température ; après la disparition de ces effets, l'endroit irradié présente un aspect plus foncé et une desquamation se produit ; au bout de quelques semaines on observe une stimulation du système pileux ;

2° Ni la chaleur ni les radiations visibles n'interviennent dans la production du phénomène ; les rayons ultra-violets seuls sont actifs, parmi eux les radiations voisines de $\lambda = 2900$ à 2800 sont les plus actives comme le montrent les déterminations de l'énergie liminaire pour chaque longueur d'onde ;

3° De la photographie du spectre ultra-violet à travers un mince lambeau des tissus cutanés, il résulte que les radiations ultra-violettes actives peuvent atteindre le niveau des vaisseaux ;

4° Lorsqu'on diminue l'intensité du rayonnement total ou monochromatique la durée du seuil d'irradiation augmente ;

5° La quantité d'énergie, correspondant au seuil, reste constante lorsque l'intensité du rayonnement total ou monochromatique varie même très fortement ;

6° Les effets des irradiations très courtes, de cinq à dix secondes, soit $1/3$ à $1/8$ de la durée du seuil, s'additionnent entre eux ; ces irradiations, dont chacune prise séparément ne se montre pas efficace, produisent des altérations intracellulaires qui persistent très longtemps (plus de vingt-quatre

et même quarante-huit heures) ; la durée des intervalles qui séparent les irradiations successives n'a pas d'influence visible sur la réaction ;

7° La température, au moment de l'irradiation et cinq à dix minutes après, n'a pas d'influence sur la réaction vasculaire ; au contraire, la température à laquelle se fait l'évolution ultérieure de la réaction joue un rôle important, ce qui est dû très probablement à l'action vaso-motrice de la température ;

8° a) l'action de la lumière sur la peau de l'oreille du lapin persiste après la section des nerfs auriculaire et sympathique ;

b) en comparant les effets des irradiations sur une oreille normale et sur une oreille dont les deux nerfs sont sectionnés on trouve que, dans le dernier cas, la réaction apparaît plus vite, est plus intense et disparaît plus rapidement.

Ce rôle du système nerveux s'explique par la vaso-dilatation très prolongée qui influe sur l'évolution de la réaction. Si la section des nerfs est de courte durée, comme c'est le cas, par exemple, quand on pratique une injection intraveineuse de nicotine, on n'observe aucune influence sur la réaction. De même :

c) La comparaison sur la même oreille des effets des irradiations pratiquées une demi heure à deux heures avant la section des nerfs avec les effets des irradiations pratiquées une demi heure à deux heures après la section des nerfs — ne laisse observer aucune différence sensible entre les deux séries d'irradiation ;

d) L'état des vaisseaux au moment de l'irradiation ne joue aucun rôle sensible sur la réaction ;

9° Le pigment des lapins noirs protège la peau contre l'action de la lumière, mais cette protection est faible. Ainsi, en comparant la durée du seuil sur l'oreille blanche et l'oreille noire, on constate que cette durée est à peine deux fois plus longue ;

10° La décoloration du bleu de méthylène injecté dans les

veines de l'oreille montre l'augmentation des processus d'oxydation sous l'action de la lumière ultra-violette ;

11° Par la ressemblance des effets cutanés, par la nature des radiations actives, l'action de la lumière ultra-violette est identique au coup de soleil. Cette action s'exerce directement sur les éléments vasculaires en y déterminant un renforcement des processus d'oxydation. Il est possible que les processus de coagulation et d'autres processus irréversibles, que l'on constate sur les cellules isolées, soient la cause des phénomènes vasculaires décrits sur la peau.

Sur la langue de grenouille

12° L'irradiation de quelques secondes détermine déjà une vaso-dilatation locale, suivie bientôt de la thrombose des vaisseaux superficiels fortement dilatés et de l'infiltration séreuse ; l'infiltration leucocytaire vient plus tard ; en même temps apparaissent les processus de rétablissement : la résorption des vaisseaux thrombosés ;

Nous constatons en outre l'allération et même la destruction des éléments épithéliaux et musculaires de la langue et l'élargissement notable des cellules pigmentaires (membrane inter-digitale) :

13. Les recherches des radiations actives par la méthode des rayons monochromatiques montrent que l'énergie liminaire varie avec la longueur d'onde : cette énergie diminue depuis $\lambda = 3300$ jusqu'à $\lambda = 2800$, puis augmente jusqu'à $\lambda = 2500$ et diminue de nouveau pour les longueurs d'onde plus petites ;

14° L'activité de différentes radiations ultra-violettes marche parallèlement à l'absorption de ces radiations par le protoplasma ; ce parallélisme nous montre que l'action de la lumière sur les tissus se produit suivant la loi quantitative d'absorption photochimique.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.	7
EXPOSE HISTORIQUE	9
ERYTHÈME SOLAIRE, ÉRYTHÈME CUTANÉ DÉTERMINÉ PAR DES SOURCES RICHES EN RAYONS ULTRA-VIOLETS.	9
ETUDE EXPÉRIMENTALE DE L'ACTION DE LA LUMIÈRE ULTRA-VIOLETTE SUR LA PEAU.	11
RECHERCHES PERSONNELLES.	22

Première partie

ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LA PEAU DE L'OREILLE DU LAPIN	23.
Technique générale.	23
Effets macroscopiques	24
Détermination de la durée du seuil d'irradiation.	31
Recherche des radiations actives.	34
Pénétrabilité des rayons ultra-violets actifs.	41
Influence de l'intensité du rayonnement.	43
Energie correspondant au seuil.	48
Mesure de l'énergie correspondant au coup de soleil.	49
Etude des irradiations intermittentes	51
Influence de la température.	58
Influence du système nerveux	62
Influence du pigment	70
Action chimique de la lumière ultra-violette	71
Mécanisme de l'action de la lumière ultra-violette.	71

Deuxième partie

ACTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS SUR LA LANGUE DE GRENOUILLE.	
Technique.	78
Description des effets microscopiques	78
Etude des radiations actives.	79
CONCLUSION.	90
Description des planches	94

Description des planches

Fig. I.

A gauche : Oreille témoin.

A droite : Oreille irradiée pendant douze minutes. La zone transversale soumise à l'action de la lumière présente une vascularisation plus abondante, une teinte plus foncée.

Fig. II.

A gauche : Oreille témoin.

A droite : Même oreille que fig. I, trente-six heures après l'irradiation. Les vaisseaux sont effacés ; la zone transversale irradiée est le siège d'hémorragies abondantes.

Fig. III

A gauche : Oreille témoin.

A droite : Même oreille que précédemment ; quinze jours après l'irradiation ; les plaies sont particulièrement nettes ; les vaisseaux commencent à réapparaître.

Fig. IV.

A gauche : Oreille témoin.

A droite : Même oreille que précédemment ; cette photographie laisse voir la stimulation du système pileux.

Fig. V.

A gauche : Oreille témoin.

A droite : Oreille irradiée

à la partie supérieure pendant vingt minutes,

— moyenne — dix —

— inférieure — quatre-vingt-dix secondes,

à travers un carton noir découpé, quarante-huit heures après l'irradiation.

Fig. VI.

Langue de grenouille avant l'irradiation.

Fig. VII.

Même endroit au bout de vingt secondes d'irradiation ; les petits vaisseaux superficiels sont dilatés.

Fig. VIII.

Même endroit au bout de trente minutes d'irradiation ; tous les vaisseaux sont fortement dilatés.

Fig. IX.

Même endroit au bout de soixante minutes d'irradiation, le réseau de petits vaisseaux superficiels est morcelé, les fragments des vaisseaux apparaissent plus fortement sinueux.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE : Les terrains paléozoïques de Pologne.

BOTANIQUE : Action des rayons ultra-violet sur
les plantes inférieures.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 9 Juin 1915

Le doyen de la Faculté des Sciences

PAUL APPELL.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Paris, le 9 Juin 1915

Le Vice-Président de l'Académie de Paris

L. LIARD.

Paris. — Imprimerie A. Reiff — Heymann, 27, rue Saint-Sulpice



Fig. 1.

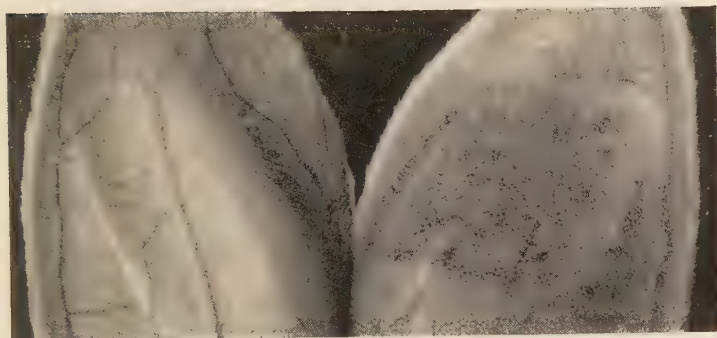


Fig. II.

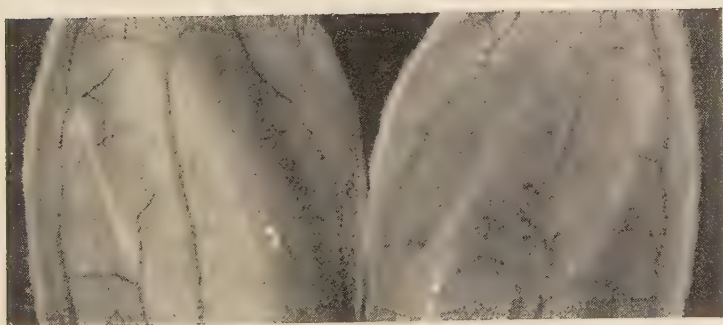


Fig. III.

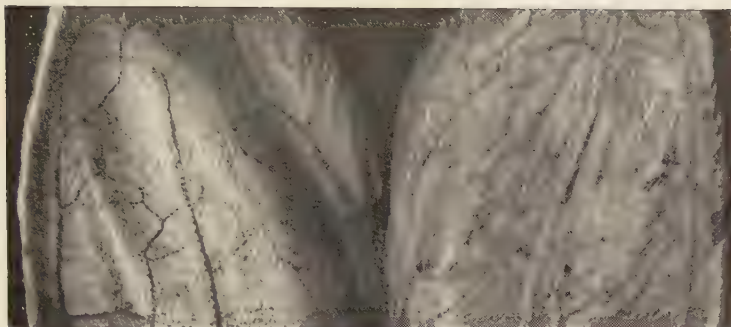


Fig. IV.



Fig. V.

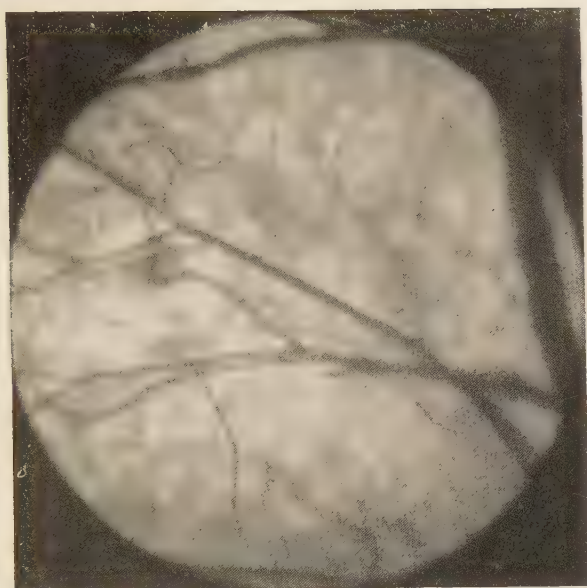


Fig. VI.

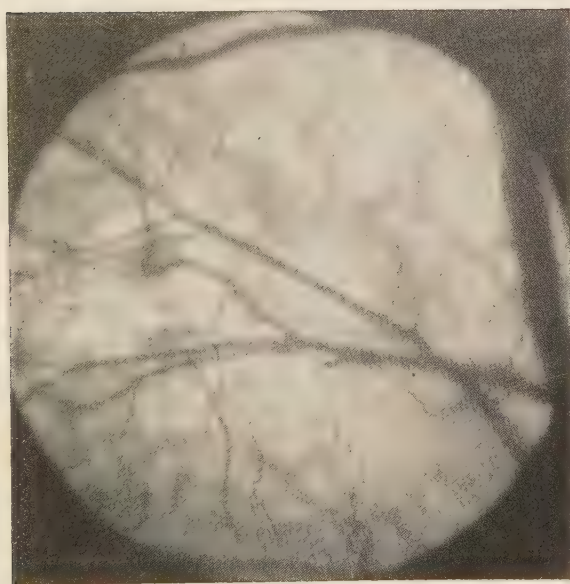


Fig. VII.



Fig. VIII.



Fig. IX.

